DER HALLWILERSEE

EIN VERSCHWINDENDER GLACIALSEE UND SEINE TIEFENFAUNA

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
hohen philosophischen Fakultät der
Universität Basel

vorgelegt von

ALFRED GÜNTERT

von MUMPF

LENZBURG 1921
Buchdruckerei R. Müller.

DER HALLWILERSEE

EIN VERSCHWINDENDER GLACIALSEE UND SEINE TIEFENFAUNA

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
hohen philosophischen Fakultät der
Universität Basel

vorgelegt von

ALFRED GÜNTERT

von MUMPF

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

LENZBURG 1921
Buchdruckerei R. Müller.

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professor Dr. F. ZSCHOKKE und Dr. P. STEINMANN.

Prof. Dr. G. SENN
Dekan.

Basel, den 24. November 1917

A. ALLGEMEINES.

1. Einleitung.

Trotzdem eine Großzahl schweizerischer Seen limnologisch untersucht ist, dürfen wir die Akten darüber noch nicht als abgeschlossen erklären. In erster Linie ist bis heute ein wichtiger Teil der Wasserfauna, die Litoralfauna, vernachlässigt worden. Dann aber zeigt auch jeder See wieder besondere hydrographische Verhältnisse, die wiederum eine für das betreffende Becken typische, charakteristische Lebewelt bedingen. Ich gehe mit Wesenberg-Lund (48) einig, wenn er allen weitern Abhandlungen über Variation der Temperatur und Transparenz, Einfluß der Umgebung und Liste der Organismen keine große Bedeutung mehr beimißt, sondern nur solche Untersuchungen als brauchbar ansieht, die über Seen in wenig untersuchten Bezirken mit eigentümlichen Naturverhältnissen Aufschluß geben.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Zschokke begann ich im Jahre 1907 mit der zoologischen Untersuchung des Hallwilersees. Die gefundenen Resultate waren aber so unbefriedigend, daß ich nach zwei Jahren die Arbeit aufgab. Erst die spätere eingehende Betrachtung der geologischen Karte Mühlbergs (28) machte mich aufmerksam auf die eigenartigen geologischen Verhältnisse des Gebietes und somit auch auf meine negativen Befunde, sodaß ich mit meinem Freund und Kollegen Brutschy überein kam, eine monographische Bearbeitung des Sees als heimatkundlichen Beitrag zur Geschichte unseres Seetales wieder an die Hand zu nehmen. Im Jahre 1913 begannen wir mit den Untersuchungen, nachdem wir schon 1911 vorläufige fragmentarische Mitteilungen (8, 16) veröffentlicht hatten. Brutschy übernahm den floristischen Teil und das Plankton; mein Beitrag ist in den nachfolgenden Seiten niedergelegt.

Mein Dank für das Gelingen der Arbeit gilt in erster Linie meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. Zschokke, für die erste Anregung, für die Einführung in das Gebiet und für alle die vielen Ratschläge und das Interesse, das er stets dem Fortschritte der Untersuchungen angedeihen ließ.

Herzlichen Dank auch Herrn Privatdozenten Prof. Dr. Steinmann in Aarau für die viele Mithülfe durch Literatur, beim Aufstellen des Programmes und für eigene Untersuchungen; ferner Herrn Dr. Penard in Genf für die liebenswürdige Dedikation seiner Rhizopoden- und Heliozoenwerke und die vielen brieflichen Mitteilungen. Ich gedenke auch dankbar derjenigen Herren, die mir verschiedene Bestimmungen und Kontrollen abgenommen haben, wie:

Dr. Bollinger, Basel: Mollusken
Dr. Bretscher, Zürich: Oligochaeten
Dr. Felber, Sissach: Trichoptern
Dr. Piguet, Neuenburg: Naididen
Dr. Walter, Basel: Hydracarinen;

ferner der Herren Dr. Brutschy, Seon, für seine Mithülfe auf den Excursionen und die vielen mir gegebenen Anregungen, Professor Dr. A. Hartmann, Aarau, für die chemischen Untersuchungen, und Grundbuchgeometer Hartmann, Lenzburg, für die Vermessungen.

Der tit. Direktion der Seetalbahn sei gedankt für die Gewährung von Freibilleten.

Leider brachten mein Beruf als Lehrer, dann aber hauptsächlich die verschiedenen längern Einberufungen zum Aktivdienst in den Kriegsjahren 1914—1916 wesentliche Unterbrüche in die Arbeit. In erster Linie litten darunter die periodischen Beobachtungen. So bitte ich zum voraus, etwaige Mängel in dieser Hinsicht den unglücklichen Zeitverhältnissen auf Rechnung zu schreiben.

2. Historisches.

Bei der Durchsicht der Literatur über schweizerische Seenfauna traf ich nur auf ganz spärliche Notizen über den Hallwilersee, während andern, z. T. viel kleinern Seen der Umgebung, früher und mehr Beachtung geschenkt wurde. Ich entdeckte aber eine fast vollständig zu nennende, populär-wissenschaftliche Monographie des Sees, allerdings in engem Rahmen gefaßt, in den Schlußberichten der Bezirksschule Muri für die Schuljahre 1895/96 und 1896/97, als Beilage von Dr. J. Hofer (ehemaliger Redaktor der schweiz. Fischerei-Zeitung): Der Hallwilersee. Ich erwähne hier nur die wichtigsten hydrographischen und zoologischen Notizen daraus. Sie mögen als Vergleich mit meinen eigenen Angaben und Befunden dienen:

Hofer gibt als Seeoberfläche 10,3125 km² an, Mühlberg 1910 als Angaben des schweiz. hydrometr. Bureau 10,29 km². Zschokke hat in seiner Seenfauna Mitteleuropas die erstere Zahl aufgenommen.

Bei den Lotungen des eidg. topogr. Bureau im Oktober 1881 wurden mit dem Lot jedesmal in einer Kapsel unter diesem etwas Schlamm heraufgebracht. Dieser erwies sich als „äußerst fein und hellgrau." Nicht ganz einverstanden bin ich, wenn Hofer die Form des Sees mit einer Schüssel vergleicht mit „auffallend flachem Untergrund." Als Farbe des Sees gibt er grün an, an das Grün der Reuß erinnernd. Eine genauere Farbbestimmung nach Forel'scher Skala ist bis heute noch nie ausgeführt worden. – Charakteristisch ist die Notiz über die Wassertemperatur: an der Oberfläche zwischen 18–20° und 0° schwankend, in der Tiefe zwischen 4° und 5° C. Er führt ein Beispiel, eine Messung von O. E. Imhof vom 24. Februar 1891, an, das ich später mit meinen Temperaturablesungen vergleichen werde. Unbegreiflich ist mir die Bemerkung Hofers, daß der Einfluß der Lufttemperatur sich bis in „bedeutende Tiefen" bemerkbar mache. Vergleiche mit Temperaturtabellen des Vierwaldstätter- und Genfersees werden uns eines andern belehren. – „Seiches" sind dem Verfasser vom Hallwilersee nicht bekannt, dagegen redet er von Strömungen im Seebecken, die Fischernetze bis 100 Schritt weit fortreißen und die Schilfrohre wie im Wind sich neigen lassen. – Er erwähnt auch einige der Bäche, die von Osten her dem See ihr „klares Wasser" zuleiten. Dieser Satz steht offenbar im Widerspruch zu den großen Deltabildungen. – Interessant sind die geschichtlichen Notizen über projektierte Tieferlegung des Sees, die bis heute noch der Ausführung harrt. Hingegen erwähnt er als natürliche Veränderung des Sees eine Senkung des Seespiegels um ca. 3 m, die sich aus dem fortwährenden tiefern Einschneiden des Aabachabflusses ergibt. Mehr als allgemeine Erscheinung an Seen, ohne spezielles Hervorheben des Hallwilersees, werden die beständig wachsenden Deltaanschwemmungen angegeben.

Die Planktonliste ist allgemein gehalten; nur von Cladoceren werden speziell aufgezählt: *Daphnia longispina O. F. M., Daphnia hyalina Leyd., Bythotrephes longimanus Leyd., Leptodora hyalina Lillj.*

Schlammfauna: *Tubifex, Psammoryctes, Chironomus, Plumatella repens* L. u. a., *Valvata, Pisidien;* am Ufer: *Gammarus pulex,* vereinzelt der *Steinkrebs,* am Anfang des Jahrhunderts häufig der

Edelkrebs; Libelluliden, Calopterix virgo u. a., *Dyticidæ, Phryganeiden, Hydrometra paludum* Fabr., *Naucoris cimicoides* L, *Notonecta glauca* L, *Eylais extendens, Arrhenurus Latr.* u. a. Im See resp. in Wassergräben an dessen Ufern: *Limnæa stagnalis* L, *Planorbis,* im Aabach *Ancylus fluviatilis* Müll., *Unio batavus* Lam. *var amnicus, Anodonta Charpentieri* Küst.

Etwas eingehender behandelt Hofer die Fischfauna. Es mag für vorliegende Arbeit auch von einigem Interesse sein, zu hören, daß in ältern geographischen Werken (z. B. Fäsi) der Hallwilersee als sehr fischreich bezeichnet wird (auch der verbreitete Geschlechtsname Fischer in den Seegemeinden deutet darauf hin), während Hofer den Bestand nur noch als mittleren taxiert.

Leider wurde der Schluß der heimatkundlich wertvollen Arbeit nie publiziert.

Eine eingehende geologische Behandlung erfuhr das Seegebiet durch F. Mühlberg in seiner prachtvollen „Geolog. Karte der Umgebung des Hallwilersees und des obern Winentals 1900–1908." Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, Spez. Karte No. 54, und den Erläuterungen dazu (1910). Ich entnahm daraus meine hauptsächlichsten geologischen Notizen.

Die erste Erwähnung über die Tiefenfauna des Hallwylersees traf ich in Imhof O. E. 1885, Notiz bezüglich der Verbreitung der Turbellarien in der Tiefseefauna der Süßwasserbecken (Zoologischer Anzeig. Leipzig, Bd. 8). Er gibt dort als Fundort von *Mesostoma (= Rhynchomesostoma) rostratum* unter andern die „Tiefe" des Hallwiler- und Baldeggersees an und für dieselben Fundorte noch ein unbestimmtes Tricladenspezies. Es wäre interessant, den Ort zu wissen, wo diese Turbellarien vorkommen, da es mir nie gelungen ist, solche auch nur in weniger großen Tiefen festzustellen.

Außer diesen biologischen und geologischen Bearbeitungen und Notizen sei nur der Vollständigkeit wegen noch auf H. Arnets Arbeit in den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Luzern, I. Heft 1895/96: „Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz, während der Winter 1890/91 bis 1895/96" hingewiesen, worin allerdings die Beobachtungen über den Hallwilersee sehr lückenhaft sind.

So bilden Brutschys und meine Arbeiten die ersten einigermaßen abgeschlossenen hydrographisch-biologischen Beobachtungen des Sees.

3. Hydrographie.

a) Lage, Größe und Einzugsgebiet.

Ungefähr in der Mitte zwischen den aargauischen Städtchen Aarau und Brugg ergießt sich bei Wildegg die Aa in die Aare. Von hier aus zieht sich in süd-südöstlicher Richtung das Seetal, das Tal der Aa, durch das schweizerische Mittelland gegen Luzern hin. Seinen Namen verdankt es den beiden Seen, Hallwilersee und Baldeggersee, die die tiefsten Teile der Talsohle ausfüllen. Der Spiegel des südlicher gelegenen Baldeggersees liegt 466 m ü. M. Der See hat eine maximale Tiefe von 66 m und einen Flächeninhalt von 5,24 km². Er sammelt die wenigen kurzläufigen Bäche des obern Seetals. Der Abfluß desselben, die Wag, durchbricht zwischen Ermensee und Hitzkirch eine querliegende Talsperre und erreicht nach einem zirka 4 km langen Lauf bei Moosen den Hallwilersee.

Ueber die geographischen Verhältnisse des Hallwilersees orientieren die Blätter 170 und 172 des Siegfriedatlasses. Er liegt zwischen 47° 14' und 47° 19' n. Br. und 5° 52' – 5° 53' ö. L. v. Greenwich. Die Höhe des Spiegels beträgt 452,3 m ü. M., die maximale Länge mißt 8,5 km, die maximale Breite 1,65 km, die Oberfläche 10,29 km², das Volumen 0,215 km³, die maximale Tiefe 47,3 m, die mittlere Tiefe 20,6 m. Das Einzugsgebiet umfaßt 141,78 km². Der Wasserzufluß der Wag beträgt im Mittel ca. 700 Sek.-Liter, der Abfluß im Aabach im Mittel ca. 1400 Sek.-Liter. Daraus ergibt sich, daß die übrigen Zuflüsse dem See mindestens ebensoviel Wasser bringen, als der Hauptzufluß.

b) Gliederung von Ufer und Tiefe.

Die äußere Form und Gliederung ist eine sehr einfache. Der See bildet ein langgestrecktes Becken, dessen Längsufer größtenteils parallel zu einander verlaufen. Größere Buchten und Einschnitte fehlen. Nur am Nordende erstreckt sich ein kleiner Arm, der sogenannte „Zopf", in das Moor hinein. Kleinere Ufervorsprünge sind ausnahmslos Bachschuttkegel von meist kurzen, teilweise aber tief in Deckschotter, Moräne oder sogar Molasse eingeschnittenen Bächen. Naturgemäß ergeben sich neben solchen Delta Buchten, die trotz ihrer äußerst geringen Ausdehnung eine gewisse Bedeutung für die Seefauna erlangt haben. Der größte dieser Schuttkegel wird durch den Eggholzer- und den Tröletenbach (resp. Hinter- und

Vorderbach) bei Aesch vorgeschoben, sodaß der See dort bereits beträchtlich eingeengt wird. Kleinere, vorläufig unbedeutendere Zuflüsse sind der Tiefenbach und die Meisterschwandener Bäche vom Ostufer und die Wasser von Beinwil und Birrwil am Westufer. Unterseeische Quellen sollen beim „Delphin" (Ostufer), in der Seemitte bei Alliswil und am Westufer zwischen Beinwil und Birrwil auftreten. Doch sind sie bis heute nicht genau festgestellt; nur die Tatsache spricht dafür, daß an diesen Stellen der See später zufriert.

Der ganze See ist umgürtet von einem 10–60 m breiten, mit Schilf, Binsen und Seerosen bewachsenen flachen Ufersaum, dessen äußerste maximale Tiefe 1,5–1,7 m beträgt. Erst außerhalb dieses Gürtels fällt das Ufer rasch ab bis zu einer Tiefe von ca. 9 Meter. Hier ist meist nochmals ein plötzlicher Absturz auf 12 Meter Tiefe zu konstatieren. Nur an wenigen Stellen fehlt diese Gliederung der Litoralregion, so hauptsächlich an den beiden See-Enden und da wo Bachschuttkegel einen Ausgleich geschaffen haben. Bei genauerer Betrachtung zeigt das Uferband manigfache Abwechslung in der Vegetation. Ich verweise hier auf die Ausführungen Brutschys über die Litoralflora. Doch werden diese makrophytischen Bestände auch unterbrochen von nackten, öden Steinufern und ebenso leeren Sandzonen. Am Ostufer greifen Verlandungsgebiete in die Uferzone hinein. Weiter draußen wuchern Characeen bis zu 8 m Tiefe hinunter. Am untern See-Ende können andere, bekannte Verlandungs-Erscheinungen beobachtet werden, die Bildung von auf dem Wasser flottierenden kleinen Moorflächen, sog. schwingendem Rasen. *)

Zur Besprechung der litoralen Tiergesellschaften vereinfache ich die Einteilung der Litoralzone von Wesenberg-Lund (47), indem ich unterscheide:

	Nach Wesenberg-Lund:
1. Steinzone 2. Sandzone	1. Brandungszone
3. Phragmiteszone	2. Scirpus- und Phragmiteswälder 3. Potamogetonzone
4. Charazone	4. Charazone
Im Hallwilersee sehr gering	5. Schlickablagerungen 6. Detritusanhäufungen.

*) Eine andere Auffassung ist die von Herrn Oberst Erismann auf Brestenberg, der glaubt, daß es sich hier um Moorflächen handle, die vom See unterspühlt seien.

Ebenso gering wie die Ufer, ist die Seetiefe gegliedert. Hofer (18) beschreibt den Seeboden als Becken mit großem, flachem Untergrund. Die topographische Karte schon weist darauf hin, daß wir es hier nicht mit dem Typus der Vierwaldstätter-, Genfer-, Brienzer-, Thuner-, Luganer- und Bodenseen zu tun haben. Von allen Seiten fallen die Ufer ab bis zu dem kleinen Fleck maximaler Tiefe, der ungefähr in der Mitte der Strecke „Seerose" – Einmündung Wilibach liegt. Die verhältnismäßig geringe Breite des Sees und die vorstehend erwähnten Bachschuttkegel erklären diese Erscheinung. Eine topographische und öfters damit verbundene biologische Gliederung des Seegrundes bilden in großen Seen, wie im Vierwaldstätter- und Luganersee, die Grundmoränen. Der Boden des Hallwilersees weist keine Spur von solchen auf. Einen vorläufig noch unvollständigen breiten Wall bildet hingegen das sublakustrische Delta von Aesch. Ueber die Ausdehnung und Bedeutung desselben für die Existenz des Sees und die Tiefenfauna werden spätere Kapitel sprechen.

Weitere Jahrhunderte mögen noch andere solcher Barrieren legen. Die Grundanlage des Seebodens aber stellte für die einstige Tiefenfauna keine großen, unüberwindlichen Schranken auf, sodaß eine ursprünglich gleichmäßige Verteilung der Tierwelt vorausgesetzt werden darf.

c) Ursprung des Sees.

Die beiden Seen sind glacialen Ursprungs. Ein Arm des vielverästelten Reußgletschers folgte von Luzern aus einer im weichen, horizontalgelagerten Molassesandstein bereits schwach vorgezeichneten Rinne nordwärts und verbreitete diese zum heutigen Seetal. Hand in Hand mit dieser Verbreiterung ging eine Vertiefung. Die größte Vergletscherung legte eine 40 m hohe Endmoräne nördlich von Seon. Schwächer hervortretende Endmoräne ließ der Gletscher bei seinem Rückzug zwischen Boniswil und Seengen und zwischen Ermensee und Hitzkirch (die vorstehend erwähnte Talsperre) liegen. Nachdem der Gletscherarm sich vollständig aus dem Seetal zurückgezogen hatte, füllte sich die vertiefte Talmulde mit Wasser und bildete einen See, der zwischen der Endmoräne von Seon und der Wasserscheide von Reuß- und Seetal südlich Hochdorf das ganze Becken ausgefüllt haben mag. Als der Seespiegel sank, tauchten die oben erwähnten Endmoränen über denselben empor. Das untere See-Ende zog sich hinter den Wall von Boniswil-Seengen zurück, oben trennte die Moräne Ermensee-Hitzkirch das Becken in zwei völlig selbständige Seen: Hallwilersee und Baldeggersee.

d) Geologische und künstliche Veränderungen.

Im Zeitalter des Alluviums arbeiteten Verlandung durch Pflanzenwuchs und die Bäche mit ihren Schuttkegeln weiter an der Zurückdrängung der Ufer. Zwischen Hochdorf und Moosen haben bereits die tief in Moränenschutt und Molasse eingegrabenen Bergbäche diesen obersten Seezipfel vollständig aufgeschüttet und darüber hat sich bebauter Ackerboden und Moorland gelegt. Doch damit ist der Hallwilersee noch nicht in definitive Grenzen zurückgestaut. Bereits erwähnte kurze, aber reissende Wasser füllen beständig, besonders am obern Ende, weitere Teile des Sees auf. Ueber den jetzigen Vorgang dieser Aufschüttung werden wir am Schlusse dieses Kapitels eingehender berichten.

Das nördliche untere Ende des Sees ist von Moorwiesen, dem sog. „Moos", begrenzt. Die Anwohner behaupten, der See setze sich unter diesem Moore fort. Mühlberg (29) hat hingegen durch Bohrungen einwandfrei gezeigt, daß wir es hier mit den überall an Flachufern von Seen verbreiteten Sumpfwiesen zu tun haben. Die Bohrproben enthielten Ueberreste von Erlen und Haselnuß-Gesträuch, ein Beweis dafür, daß dieser Boden einst trockener gelegen haben muß. Mühlberg erklärt den heutigen Zustand der Versumpfung dadurch, daß durch die Erbauer des Schlosses Hallwil der See um ca. 1,5 m aufgestaut worden sei, damit sie in den Burggraben genügend Wasser erhalten. Auch im „Altmoos" am obern See-Ende sind durch Anwohner, die Torf gestochen haben, Funde gemacht worden, die auf eine frühere tiefere Lage des Seespiegels schließen lassen (Alte Dolen aus Tannenstämmchen im Grunde des Torfes, Haselnußschalen, sogar kleine Hufeisen ?).

Die Beschaffenheit der Uferbank deutet ebenfalls auf eine in historischer Zeit bewerkstelligte Seestauung hin.

Zum Schlusse dieser Erörterungen seien noch die in den letzten Jahrzehnten stattgefundenen Veränderungen inbezug auf die Seetiefe erwähnt. 1881 wurden die Tiefenvermessungen vom eidg. topographischen Bureau ausgeführt. Es wurden total 490 Lotungen genommen, durch welche das Kurvenbild auf der Siegfried-Karte 1 : 25000 entstand. Ueber die Verteilung der Lotpunkte und die Art der Ausmessung gibt J. Hofer genauere Angaben. Da ich vermutete, daß sich dieses Kurvenbild seit der Zeit verändert habe, stellte ich im Jahre 1916 das Gesuch an die Abteilung für Wasserwirtschaft des schweiz. Departements des Innern um Neuvermessung

des Hallwilersees. Dem Gesuch konnte leider nicht entsprochen werden und so unternahmen Brutschy und ich unter verdankenswerter Leitung und Mithülfe von Herrn Grundbuchgeometer Hartmann in Lenzburg im Mai 1916 eine kleinere partielle Ausmessung selbst. Das Resultat derselben ist auf beigegebener Karte eingetragen. Es zeigt uns, daß im Gebiete der Aescherdelta im Laufe von nur 35 Jahren eine verhältnismäßig starke Auffüllung stattgefunden hat, indem die Kurven teilweise über 100 Meter seeinwärts gedrückt sind gegenüber der Einzeichnung von 1881; ein Lotpunkt 435 liegt direkt auf der 430er Kurve, was an dieser Stelle einer Auffüllung von 5 Meter in 35 Jahren entspräche. Diese maximale Veränderung darf uns allerdings nicht den normalen Maßstab geben für die allgemeine Reduktion der Seetiefen in diesem Gebiet. Mögen auch kleinere Fehler beim Vermessen mitgewirkt haben, so gibt uns doch diese Darstellung ein klares, übersichtliches Bild einer raschen see- ein- und abwärts fortschreitenden Auffüllung und Verflachung. — Ermittlungen über Sedimentierung durch Schlammsammler in andern Seezonen wurden nicht vorgenommen.

e) Licht.

I. TRANSPARENZ.

Die Messungen der Lichtdurchlässigkeit des Hallwilersees nahmen wir mit einer Secchischeibe von 30 cm Durchmesser vor. Dieselbe Methode wurde von Amberg im Vierwaldstättersee angewendet. Wenn so auch nicht die absoluten Grenzen für das Eindringen des Lichtes festgestellt werden können, wie mit Chlorsilberplatten (Forel) oder Jodbromsilberplatten (Sarasin & Fol), so genügen diese relativen Werte vollständig für Vergleichszwecke. Das Verschwinden der Scheibe ist ein plötzliches und jedenfalls genauer feststellbar, als das Verschwinden einer elektrischen Lampe, wie sie von der Genfer physikalischen Gesellschaft 1884 angewendet wurde.

Die allgemeinen Resultate Ambergs (1) stimmen mit den im Hallwilersee gefundenen überein:

1. Die Durchsicht ist im Winter größer als im Sommer. Das Maximum der Durchsicht fällt auf Ende Dezember/anfangs März, das Minimum auf Juli-August.

2. Die Zu- und Abnahme der Durchsichtigkeit des Seewassers steht zur Zu- und Abnahme der Temperatur desselben in einem verkehrten Verhältnis.

3. Die Transparenz des Wassers nimmt im allgemeinen seeabwärts zu. Als Ursachen der verschiedenen Lichtabsorbtion können erwähnt werden: erstens Zuflüsse und Niederschläge, zweitens heftige Winde, drittens Wärmegehalt des Wassers. Ich gehe mit Amberg einig, daß nicht die Temperatureinflüsse die Hauptbedeutung haben. Allerdings tritt Vermehrung des Planktons ein, wie es auch Brutschy für den Hallwilersee zeigt: Januar 9 cm^3, Juni 13,5 cm^3, Juli 15 cm^3 unter 1 m^2 Oberfläche in Vertikalfängen. Doch ist die Planktonbevölkerung des Hallwilersees im Vergleich mit der Bevölkerung anderer Seen sehr gering, sodaß man demzufolge größere Transparenz erwarten dürfte. Die Tabelle zeigt aber, daß diese geringer ist als in Seen mit größerer Planktonmenge. Convektionsströmungen und thermische Schichtungen können auch nicht ausschlaggebend sein, da öfters zeitlich und lokal auftretende Trübungen nicht daraus erklärt werden könnten. Es bleiben also nur die beiden erstgenannten Ursachen als erheblich bestehen. Daß Zuflüsse selbst von geringer Größe die Transparenz beeinflußen, zeigen deutlich zwei Messungen außerhalb der Einmündung eines kleinen Bächleins nördlich Beinwil am 10. Mai 1916. Die erste Messung wurde ca. 200 m außerhalb der Mündung in der direkten Fortsetzung der Einflußrichtung ausgeführt und ergab eine Durchsicht von 3,9 m; die zweite Messung gleich nach der vorigen in gleicher Uferdistanz ca. 50 m neben der ersten zeigte eine Durchsicht von 4,5 m, weil das Bachwasser nicht hier durchströmte. Daß durch Erhöhung der Niederschläge vermehrte Trübung verursacht wird, liegt auf der Hand, da die Zuflüsse dann mehr Geschiebe und Schlamm mitreißen, als bei niedrigem Wasserstand. Sehr starke Trübungen verursachen im Hallwilersee starke Winde, da ein verhältnismäßig breiter seichter Ufergürtel den See umzieht. Da erscheint dann diese Zone fast okergelb von dem durch den Wellenschlag aufgewirbelten Sediment. Diese Trübung zieht sich nach und nach auch gegen die Seemitte.

Ein Unterschied in der Transparenz ist immer mehr oder weniger deutlich wahrnehmbar im offenen See einerseits und in der Uferzone andererseits, indem in letzterer dieselbe immer geringer ist, als im offenen See. Vielleicht hängt diese Erscheinung zusammen mit den Seeströmungen, da sie auch nach längerer Schönwetterperiode und Windstille erkennbar ist, sodaß sie nicht auf die Aufwirbelung des Litoralgrundes durch Wellen zurückgeführt werden kann.

Ich verweise hier auch auf die Schlüsse, die A. Thienemann (43) aus seinen Untersuchungen der Eifeler Maare gezogen hat. Das Beispiel dieser Maare gibt wohl den schlagendsten Gegenbeweis gegen die Hypothesen über Einfluß von Plankton und erhöhter Temperatur auf die Transparenz. Dort, wie hier im Hallwilersee, sind die Quantitäten sowohl, wie auch die Zu- und Abnahme des Planktons zu gering, um daraus Schwankungen der Transparenz erklären zu können. Auch stimmt im Hallwilersee zeitlich das Minimum der Temperatur (Februar) nicht mit dem Maximum der Transparenz überein (Dezember). Der idealste Zustand der Wassertemperaturen für die Transparenz, falls die Wärmeschichtung eine Hauptrolle spielte, wäre im März vorhanden, da die Temperatur von der Oberfläche bis zur größten Tiefe ausgeglichen 4° betrug. Die Transparenz ist im März aber um 2,15 m geringer als im Dezember. Ich möchte aber auch den Satz Thienemanns unterstreichen: „Je höher die Temperatur im Sommer steigt, um so schärfer prägt sich die Temperaturschichtung in den obern Lagen des Sees aus, d. h. um so stärker wird die durch die Temperaturschichtung hervorgerufene Stabilität der obern Wassermassen, um so größere Ruhe herrscht dort. So erscheint mir die Zunahme der Transparenz mit der Zunahme der durch die thermische Stratifikation bedingten Ruhe in den obern Schichten des Maares verständlich."

Im übrigen mögen auch die Tranzparenztiefen aus Flüelersee und Alpnachersee sprechen. Der Jahresdurchschnitt der Transparenz des Hallwilersees liegt zwischen den Mitteln der beiden Becken. Beide haben ein weit geringeres Minimum auszuweisen, als unser See, da in beiden die Zufuhr von Schutt eine weit größere ist, als in diesem. Beim Flüelerbecken liegt aber die maximale Grenze der Sichtbarkeit weit tiefer, als beim Hallwilersee oder Alpnachersee. Der Satz von Arnet (3), daß die lokale Abstufung der Transparenz hauptsächlich bedingt ist durch das Verhältnis der durch Zuflüsse zugeführten Schwemmstoffe zu der Wassermasse des betreffenden Beckens, stimmt so allerdings für den Vergleich von Flüeler- und Alpnacherbecken, nicht aber für den Vergleich mit dem Hallwilersee. Zahlen mögen dies veranschaulichen:

Seebecken:	Kubikinhalt:	Zuflüsse:		Mittl. Transparenz:
		in sec. m^3	auf 1 km^3	
Alpnachersee	0,09 km^3	5,6	62,2	3,2 m
Flüelerbecken	3,18 km^3	52,2	16,4	7,2 m
Hallwilersee	0,215 km^3	1,4	6,5	5,38 m

Als völlig unerklärliche Erscheinungen treten öfters in der normalen Folge der Transparenztiefen Sprünge auf. Ich verweise auf folgende Zahlen:

27. April 6,2 (März 6 1. April 5,2 10. Mai 4,2)
Juni 5,8 (Mai 4,2 — 4,5 Juli 3,2)

Besonders unmotiviert erscheint letztere Beobachtung, da der ganze Monat Juni sich durch ausnahmsweise regnerische Witterung auszeichnete.

Alle bisherigen Erklärungen über die Größe der Transparenz gehen noch weit auseinander, ja sie stehen sich teilweise direkt diametral gegenüber (Thienemann 43). Ich stelle fest, daß unsere Messungen im Hallwilersee am ehesten für die Theorie der Abhängigkeit der Transparenz von den Trübungen durch die Zuflüsse sprechen. Doch kommen wir mit dieser Erklärung nicht aus bei dem Auftreten von anormalen Störungen, wie sie oben angeführt sind. Noch weniger helfen uns die theoretisch vorzüglichen Ausführungen von Spring über den Einfluß der Convektionsströmungen bei lokaler Erwärmung oder Mischung durch Wellenschlag, die Lehre von der Lichtabsorbtion bei den thermischen Schichtungen oder die Hypothese über Einfluß des Planktons.

Aus obiger Diskussion ergibt sich, daß die Untersuchungsakten über die Ursachen der Transparenzschwankungen noch lange nicht abgeschlossen erachtet werden dürfen. Keine der aufgestellten Theorien genügt vollständig; auch ergänzen sie sich nicht befriedigend. Noch viele Seebecken werden untersucht werden müssen, bis genügend Material zu sichern Schlüssen und Sätzen vorhanden ist. Hauptsächlich fehlen noch weitere gründliche Arbeiten im Sinne der Untersuchungen von Amberg und Arnet im Vierwaldstättersee. Jeder See wird eben wieder ein gänzlich neues typisches Bild geben.

Ich verweise hier auf die Kurventafel der Transparenz verschiedener Seebecken, die die Unregelmäßigkeit der Transparenz, besonders der kleinen Seen (Alpnacher- und Hallwilersee), hervorheben.

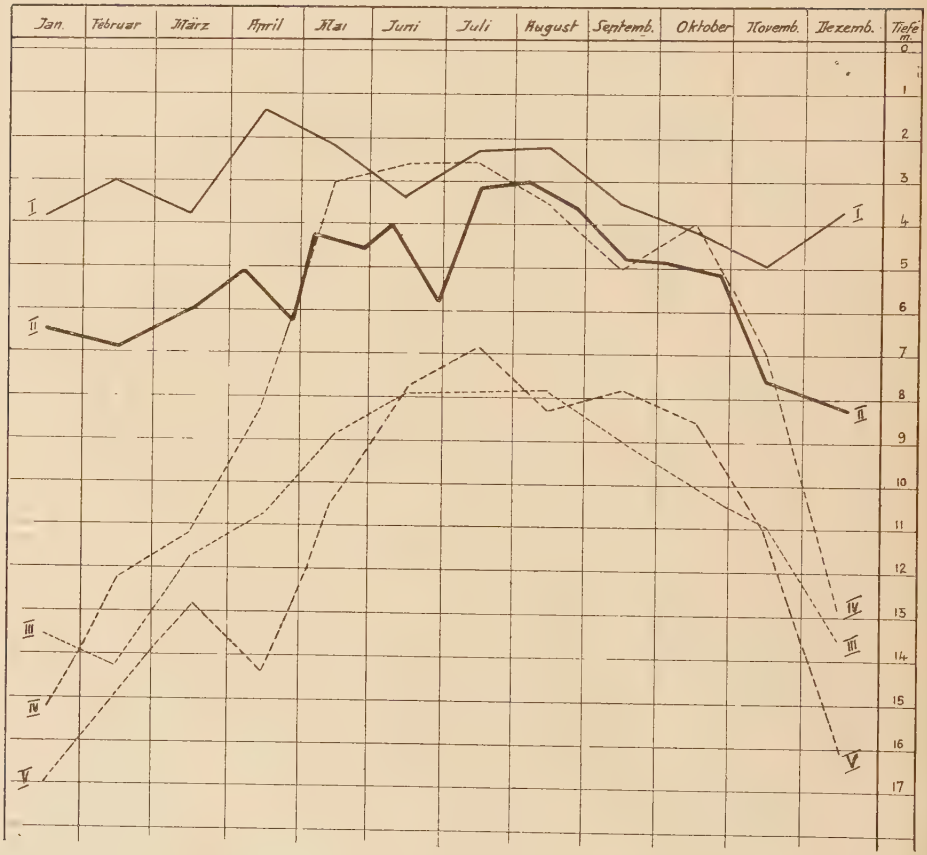
VERGLEICHUNG
der Transparenz des Vierwaldstätter- und des Hallwilersees.

Monat	Küssnacher-See	Luzerner-See	Gersauer-See	Flüeler-See	Alpnacher-See	Hallwiler-See
	m	m	m	m	m	m
Januar . . .	11–12,3	13,5	10,3	15,2	3,8	6,4
Februar . .	12–13,4	14,2	12,0	12,2	3	6,9
März	13,2–14	11,7	12,5	11,1	3,7	6,0
April	9,1–9,6	10,7	10,4	8,1	1,3	5,2–6,2
Mai	8,8–9,8	8,9	6,4	3,0	2,1	4,2–4,5
Juni	7,8–8,3	7,9	7,8	2,6	3,3	4,0–5,8
Juli	6,3	7,9	5,8	2,5	2,3	3,2
August . . .	7,2–7,6	7,8	5,3	3,5	2,2	3,0–3,6
September .	7,4–9,2	8,5	7,8	5,0	3,5	4,7
Oktober . .	9,2–10,4	10,0	10,0	4,0	4,2	4,8–5,1
November .	11,3–12,1	10,9	12,5	7,0	4,9	7,5–7,6
Dezember .	13,5–15	13,5	13,5	12,7	3,7	8,15
Jahres-Durchschnitt	10,04–10,44	10,43	7,59	7,24	3,15	5,38
Extreme: Max.	15	14,2	13,5	15,2	4,9	8,15
Min.	6,3	7,8	5,3	2,5	1,3	3,0
Schwankung	8,7	6,4	8,2	12,7	3,6	5,15

Bemerkungen: Messungen im Vierwaldstättersee von Amberg (1), Messungen im Hallwilersee von Brutschy und Güntert 1916.

Die Messungen wurden alle im obern See in der Nähe der größten Teetiefe ausgeführt, in der Regel zwischen 3 und 4 Uhr nachmittags bei heller Witterung gleichzeitig mit den Temperaturmessungen.

Transparenzkurven verschiedener Seebecken.



I. Alpnachersee
II. Hallwilersee
III. Luzernersee
IV. Flüelersee
V. Genfersee (Thonon)

II. SEEFARBE.

Nach den Untersuchungen von Spring 1895 ist die Eigenfarbe des destillierten reinen Wassers azurblau bei durchfallendem Licht (Röhrenlänge 6–26 m). Wittstein stellt die Theorie auf, daß durch Beimengungen von organischen Säuren (Humin- und Ulminsäuren) die Farbe des Wassers ins grünliche übergeht. Forel (13) gibt als weitere Gründe für die verschiedenen Abstufungen von blau durch grün, gelb und braun bis schwarz an:

a) Mineralbestandteile eines Zuflusses
b) Durch Wellenschlag am Ufer aufgewirbelter Schlamm
c) Organische Staubteilchen (Pollenkörner)
d) Algen.

Hofer (18) bezeichnet die Farbe des Hallwilersees als grün, ohne die Forel'sche Farbenskala benützt zu haben. Nach unsern Untersuchungen entspricht sie der Forel'schen No. VIII. Zum Vergleich seien hier angeführt:

Vierwaldstättersee (ohne Alpnacherbecken) V oder IV–V
Alpnachersee IX–X
Brienzersee IX–X
Zugersee VI–VII, Mai und Juni 1908 VIII–IX.

Auch im Hallwilersee steigt die Nummer im Sommer, besonders in Regenperioden. Obige Zahl entspricht der Farbe im kalten Januar 1917. Diese Beobachtungen beweisen deutlich, daß die Farbe in erster Linie abhängig ist von den im Wasser suspendierten Mineralbestandteilen, worauf auch Zschokke (51) hinweist. Brutschy (7) führt eine konstante dunkelgrüne Färbung des Zugersees auf das Gehalt an Humussäure zurück, die im Mai und Juni eingetretene Gelbfärbung auf Mischung mit Mineralschlamm und eventuell auf die Eigenfarbe gewisser fester Körperchen (Diatomeen). – Für den Hallwilersse fällt jedenfalls vorwiegend der Gehalt an anorganischem Detritus in Betracht. Doch dürfte auch die Humussäure eine Rolle spielen, hauptsächlich an den beiden Seepolen, die ins Moor hineinragen. Der Wagbach und kleinere Moorgraben tragen dieselbe auch in den See hinaus. Ein sehr geringer Einfluß ist den im Wasser schwimmenden Algen und Pollenkörnern zuzuschreiben, da diese nie in großen Mengen vorkommen. Weitgehend wirkt der Wellenschlag am seichten Ufergürtel bei den starken Frühlings- und Herbststürmen; die Färbung ist dann bis weit hinaus eine ausgesprochene gelbliche.

Als lokale, oft stark ausgedehnte Färbung sei hier noch auf eine Rötung des Sees im Winter hingewiesen. Diese wird bewirkt durch die *Oscillatoria rubescens.* Bei gefrorenem See sind oft große Eisflächen strichweise intensiv rot gefärbt; selbst die Fischernetze sind von dieser Alge dicht überzogen.

f) Wärme.

Die Temperaturtabelle des Hallwilersees überrascht uns, indem wir erwartet hätten, daß in einem Becken von so geringer Ausdehnung und geringer maximaler Tiefe die äußern Temperaturverhältnisse bis zu großen Tiefen wirken würden. Auch Hofer (18) behauptet dies, gibt aber keine Zahlen an, sodaß ich annehmen darf, daß seine Angabe nur auf Vermutungen basiert.

Zum Vergleich der Lufttemperaturen mit den zugehörigen Oberflächentemperaturen des Sees stehen mir zu wenig Messungen zur Verfügung. Die Tabelle kann uns nur zeigen, wie wenig abhängig die pelagischen Temperaturen sind von unregelmäßigen Sprüngen der Lufttemperaturen. So haben wir ein direkt verkehrtes Verhältnis vom Januar – März:

Lufttemperaturdifferenzen:
16. I. – 30. I.: — 1°; 30. I. – 27. II.: — 0,5°; 27. II. – 9. III. + 0,5°.

Pelagische Temperaturdifferenzen:
30. I. – 30. I.: + 1,25°; 30. I. – 27. II.: + 0,75°; 27. II. – 9. III.: — 1,25°.

Aehnliche Verhältnisse liegen vor von Juni – Juli, August – September, Oktober – November. Ich muß noch zufügen, daß Luft- und Wassertemperaturen immer zwischen 3 und 4 Uhr nachmittags gemessen wurden.

Interessant ist die hohe Lage der Sprungschichten zwischen 5 und 15 Meter. Diese wenig tiefgehende Wirkung der Lufttemperatur mag den Grund darin haben, daß im Sommer die Seeoberfläche selten (bei starken Gewittern) durch Wellen heftig aufgewühlt wird. Daher kommt immer nur die oberste Wasserfläche mit der Luft in Berührung, während bei starkem Wellengang immer neue Wasserteilchen an die Oberfläche kommen und die Wärme aufnehmen.

Dieser geringe Einfluß der Lufttemperatur hat zur Folge, daß die Kaltwasserschicht mit verhältnismäßig konstanter tiefer Temperatur schon bei 20 Meter Tiefe beginnt.

Als maximale Schwankungen ergeben sich aus der Tabelle:

Bei 20 m	Tiefe:	3,75°	— 6,1°	Differenz	2,35°
„ 25 m	„	4,0°	— 5,5°	„	1,5°
„ 30 m	„	4,0°	— 4,9°	„	0,9°
„ 40 m	„	4,0°	— 4,8°	„	0,8°
„ 47 m	„	4,0°	— 4,7°	„	0,7°

Die abyssalen Temperaturen schwanken also zwischen 4° und 5°, die niedrigste Temperatur der Seetiefe sinkt nicht unter 4°. Die Messungen Imhofs und unsere frühern Beobachtungen aus den Jahren 1913–15 bestätigen dies. Im Sommer herrscht direkte, im Winter verkehrte Schichtung, indem im Sommer die Oberflächentemperatur weit über 4° steigt, im Winter bis zur Gefriertemperatur sinkt. Nach Forel (13) reihen wir also den Hallwilersee ein zu den temperierten Seen mit typischem Charakter.

Die gefundenen zum Teil eigentümlichen Resultate lassen uns den Satz Forels (14) unterstreichen: „Chaque lac a son caractère thermique spécial, et mérite d'être étudié et décrit à ce point de vue."

Da uns eine Beobachtung bei Eisverschluß fehlt, lasse ich hier das Resultat einer Messung von O. E. Imhof (18) folgen:

Temperaturmessung von O. E. Imhof

24. Februar 1891

Tiefe in Meter	Temp. in Grad Celsius		Temp.-Differenz per Meter
0,355 (direkt unter der Eisdecke)	1,5		
1	3,00		+ 1,5
2	3,25		+ 0,25
3	3,25		0
4	3,25		0
5	3,00	Sprungschicht	— 0,25
6	3,175		+ 0,175
7	3,25		+ 0,075
8	3,27		+ 0,12
9	2,9	Sprungschicht	— 0,47
10	3,25		+ 0,35
13	3,37		+ 0,04
15	3,5		+ 0,065
20	3,5		0
25	4,0		+ 0,1
30	4,5		+ 0,1
35	5,25		+ 0,15
42	5,00		— 0,05

Die Messung wurde bei vollkommenem Eisverschluß vorgenommen; das Meßinstrument ist mir unbekannt.

Temperaturen = Tabelle Januar – Dezember 1916

Tiefen in Meter	16. I.	30. I.	27. II.	9. III.	1. IV.	27. IV.	10. V.	5. VI.	15. VII.	16. VIII.	8. IX.	17. X.	1. XI.	29. XI.	16. XII.
Luft	2,5	3,75	4,5	3,25	6,2	13,0	14,5	16,5	15,5	19,0	19,5	11,5	14,0	4,0	3,0
0	5,0	4,0	3,5	4,0	5,0	9,0	12,5	15,5	18,5	21,5	17,3	14,5	11,5	7,5	5,5
5	5,0	4,0	3,75	4,0	4,8	—	11,0	13,2	18,5	19,8	15,0	12,3	11	7,5	5,5
10	4,5	4,0	3,75	4,0	4,8	7,3	8,0	8,0	12,0	11,2	11,7	—	11	7,5	5,5
15	4,5	4,0	3,75	4,0	4,8	—	6,8	6,5	7,0	6,9	7,3	—	7	-	5,5
20	4,5	4,0	3,75	4,0	4,6	5,4	6,1	5,4	—	5,7	—	5,5	5,7	—	5,3
25	—	4,0	4,0	4,0	4,5	4,8	5,5	—	5,1	4,9	5,1	—	4,9	—	—
30	—	4,0	4,0	4,0	4,2	4,3	4,7	4,6	—	—	—	4,9	4,8	5	4,8
40	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,7	4,8	4,5	4,6	4,5	—
47	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,4	—	4,6	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5

Temperaturdifferenzen per Meter.

Tiefen in Meter	30. I.	27. II.	9. III.	27. IV.	10. V.	5. VI.	15. VII.	16. VIII.	8. IX.	17. X.	1. XI.	16. XII.
0–5	0	0,05	0	0,17	0,3	0,46	0	0,34	0,46	0,44	0,01	0
5–10	0	0	0		0,6	1,04	1,3	1,72	0,66	0,46	0	0
10–15	0	0	0	0,19	0,24	0,3	1,0	0,86	0,88		0,8	0
15–20	0	0	0		0,14	0,22	0,19	0,24	0,22		0,26	0,04
20–25	0	0,05	0	0,12	0,12	0,08		0,16		0,06	0,16	0,05
25–30	0	0	0	0,1	0,16		0,06	0,04	0,03		0,02	
30–40	0	0	0	0,06	0,14	0,02				0,08	0,04	0,03
40–47	0	0	0	0	0	0,02	—	0,02	0,02	0	0,02	

Temperaturschwankungen in gleichen Tiefen

Hallwilersee.

Tiefe	Maximum	Minimum	Differenz	Mittel
0 m	21,5°	3,5°	18°	12,5°
10 m	12°	3,75°	8,25°	7,875°
20 m	6,1°	3,75°	2,35°	4,925°
30 m	4,9°	4°	0,9°	4,45°
40 m	4,8°	4°	0,8°	4,4°
47 m	4,7°	4°	0,7°	4,35°

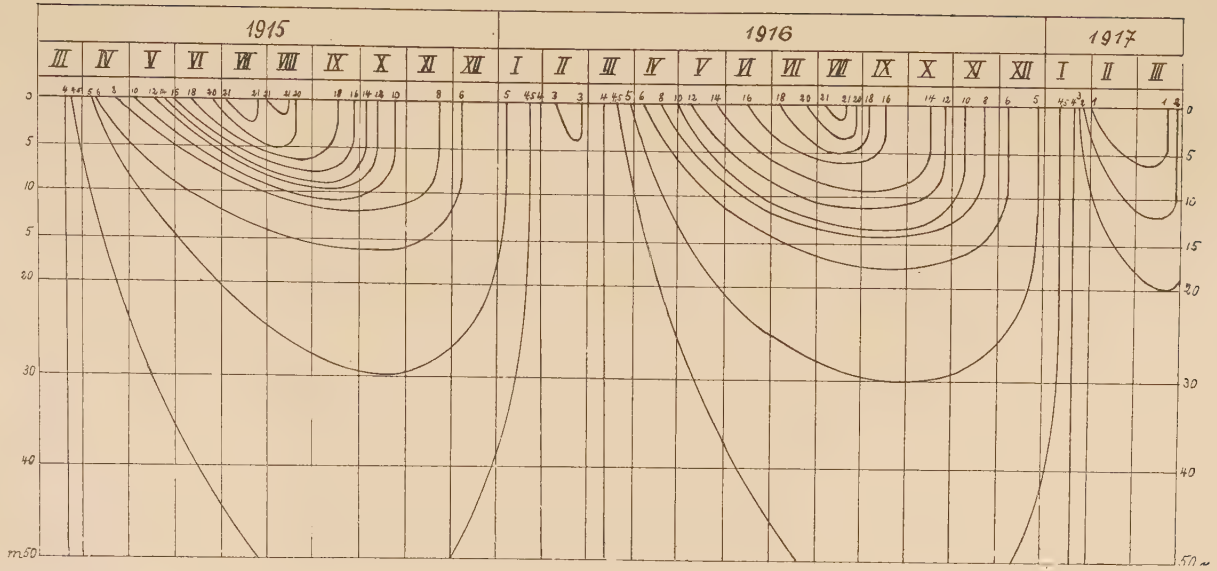
Vierwaldstättersee.

Tiefe	Luzerner Becken	Gersauer Becken	Flüeler Becken
	Differenz	Differenz	Differenz
30 m	3°	4,1°	3,9°
40 m	0,8°	3,2°	2,4°
50 m	0,8°	2,1°	1,9°
60 m	1,5°	1,3°	0,8°
70 m	—	—	—
80 m	0,9°	1°	0,9°
100 m	0,4°	0,7°	0,2°
150 m	—	0,2°	0,3°

Diese Zahlen sind berechnet aus den Angaben von Amberg (Messungen in den Jahren 1898 und 1899).

Isoplethen des Hallwilersees

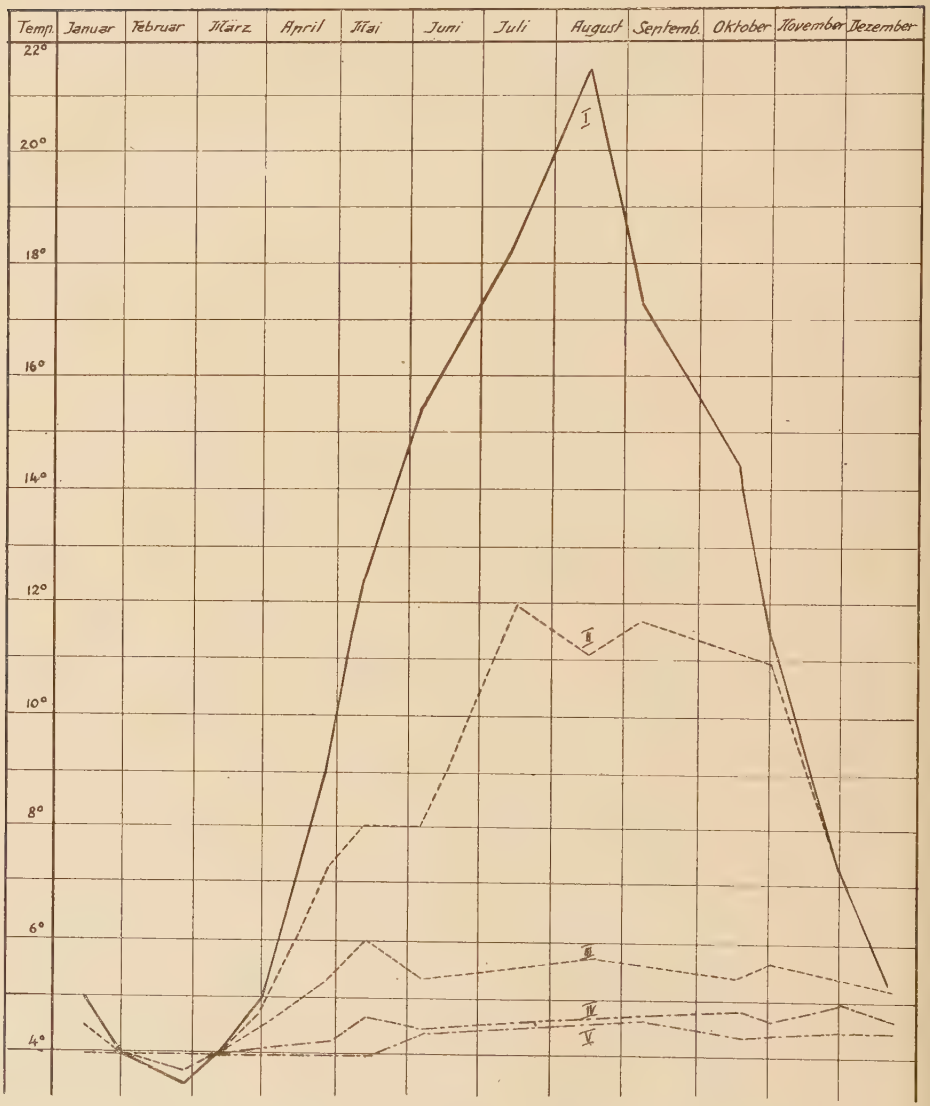
März 1915 — März 1917



Zeichnung nach Brutschy.

Isobathen des Hallwilersees

Januar – Dezember 1916



I Oberfläche III 20 m

II 10 m IV 30 m

V 40 m

Das Bild der Tabelle auf Seite 19 sieht etwas anders aus, als das regelmäßige unserer Messungen. Hauptsächlich fällt die von 25 m an über 4° steigende Temperatur auf, sowie das unregelmäßige Sinken und Steigen derselben in den Sprungschichten. Es scheint aber, daß sie sich von 35 m an wieder normal verhält und wahrscheinlich bis zu 47 m wieder tiefer als 5° sinken wird. Vielleicht haben wir es hier auch mit der gewohnten Erscheinung in tieferen Seen zu tun, wo die Temperatur gegen die größten Tiefen hin wieder etwas zunimmt über 4° hinaus.

g) Eisverschluß.

J. Hofer (18) sagt: „Der Hallwilersee ist infolge seiner geringen Tiefe eines der ersten unserer schweizerischen Binnengewässer, die in strengen Wintern überfrieren." Er gibt an, daß z. B. im Winter 1895 der See von Anfang Januar bis zum Frühjahr zugefroren gewesen sei und die Eisdecke Ende Februar 35–45 cm dick war. Die Geschichte der Herren von Hallwil weiß zu erzählen, daß Ritter Rudolf von Hallwil im Februar 1427 die überfrorene Wasserfläche benützte, um den See auszumessen. Er fand eine Länge von 28000 Schuh und eine Breite von 5300 Schuh.

X. Arnet erwähnt in seiner Zusammenstellung über das Gefrieren der zentralschweizerischen Seen den Hallwilersee auch (2). Allerdings sind die Notizen darüber sehr lückenhaft. Sie stammen von Prof. Heller und Prof. Spieler von Hitzkirch und erstrecken sich über das Zufrieren in den Jahren 1890/91, 1893/94, 1894/95 und 1895/96. Jedenfalls war er auch im Winter 1892/93 überfroren, doch fehlen Angaben darüber.

In der folgenden Tabelle seien die wichtigsten Daten zusammengefaßt:

Jahr	Dauer des Gefrierens	Totaler Verschluß	Partieller Verschluß	Eisdecke
1890/91	15. XII. 90–6. IV. 91	27. II. 91	—	32 cm
1893/94	6. I. 94–28. II. 94 (?)	—	Oberer See	?
1894/95	11. I. 95–31. II. 95 (?)	?	?	?
1895/96	5/6. II. 96–28. II. 96	—	Oberer See	?

Eine eigenartige Erscheinung ist der partielle Eisverschluß des Hallwilersees in den Jahren 1893/94 und 1895/96, während zu gleicher Zeit der tiefere Baldeggersee total zugefroren war. Arnet

stellt auch die Frage, warum der See gerade oben, auf der Seite, wo zwei größere Bäche einmünden, zufriere. Für das scheinbar verkehrte Verhalten der beiden Seen mag die Begründung gelten, daß weniger die große Tiefe, als die geringe Oberfläche beim Baldeggersee das frühere Zufrieren bedingt. Daß der obere Seeteil des Hallwilersees zuerst und öfters allein zufriert, kann erklärt werden dadurch, daß die Zuflüsse durch ihr schon tiefer temperiertes Wasser die Oberflächentemperatur des Sees rascher auf 0^0 bringen, als dies im untern See, wo größere Zuflüsse fehlen, geschieht.

Auch während der letzten Jahrzehnte gehörte das totale Zufrieren nicht zu den Seltenheiten. Während des totalen Verschlusses können auf dem Eisspiegel Stellen beobachtet werden, die äußerst schwach sind. Man schließt auf Wirkung sublakustrischer Quellen. Mühlberg (27, 29) erwähnt solche nach übereinstimmenden Berichten nördlich der Station Delphin und vielleicht in der Mitte des Sees bei Alliswil; nach mir gemachten Angaben von Fischern wären solche Quellen auch am Westufer bei Beinwil vorhanden. Der Erguß derselben konnte bis heute nicht festgestellt werden.

Beim starken Zufrieren des Sees stellt sich auch das sogenannte „Seebrüllen" ein, das auch von andern Seen (Zuger-, Bieler-, Root-, Sempacher-, Baldeggersee) bekannt ist. Arnet erklärt diese Erscheinungen aus Spaltenbildungen im Eis und Uebereinanderschieben der Eisränder. Das eigentliche Brüllen rührt her vom Ausstoßen gepreßter Luft aus dem Hohlraum unter der Eisdecke.

h) Strömungen.

Bewegung im Tiefenwasser kann durch verschiedene Faktoren hervorgerufen werden. Leider stehen mir zu wenig und unsichere Daten hierüber zur Verfügung. Auch die Literatur weist sehr wenige eingehende, exakte Beobachtungen und Messungen auf über Seeströmungen. Meistens sind nur Angaben von Fischern vorhanden.

Aehnliche Erscheinungen, wie sie Sven Ekman aus dem Vättern anführt, kann ich zum Teil aus eigener Erfahrung, zum Teil aus Mitteilungen von Seeanwohnern und Fischern vom Hallwilersee melden. Hauptsächlich im Sommer treten bei ganz ruhiger Witterung Strömungen längs der Ufer bis hinaus zu größeren Tiefen auf. Kähne werden mitgenommen, Fischernetze am Grunde weggerissen und

fortgetragen bis 100 Meter weit. Auch an unserem Tiefennetz beobachteten wir manchmal beim Herunterlassen die Wirkung solcher Wasserbewegungen. Ekman nimmt als Ursachen derselben die Größe des Sees, seine langgestreckte Form, das Fehlen unterseeischer Querschwellen und die dadurch erzielte Wirkung starker Stürme in der Längsrichtung des Sees an. Für den Hallwilersee fällt die Größe außer Betracht. Hingegen stimmt er in den andern Punkten auffallend überein mit dem Vättern. Ueber das im Verhältnis zur Breite langgestreckte Becken wehen regelmäßig nur in seiner Längsrichtung Föhn und Nordwind, wodurch von den Enden des Sees her in tiefern Schichten das Wasser in umgekehrter Richtung getrieben wird. Immerhin sind damit die Oberflächenströmungen bei längerer Windstille noch nicht erklärt. Durch die Zuflüsse können sie ebenfalls nicht begründet werden, da diese zu wenig Wasser bringen, besonders der einzig in Frage kommende Wagbach. Die Frage, ob thermische Differenzen eine Ursache bilden könnten, muß ich verneinen. Die thermischen Verhältnisse in horizontaler Richtung — denn diese müßten den Ausschlag geben — sind bei der geringen Ausdehnung des Sees überall dieselben.

Für die Feststellung von Grundströmungen können auch biologische Erscheinungen in die Wagschale fallen. Der faunistische Teil dieser Arbeit weist an verschiedenen Stellen auf größere Nahrungsmengen, zum Teil lokale Anhäufungen, im untern Teil des Sees gegen den Abfluß zu hin. Bei der sonst gleichmäßigen Beschaffenheit der Ufervegetation rings um den See finde ich keine andere Erklärung, als daß Seeströmungen von Süd nach Nord solche Anschwemmungen verursacht haben.

Ferner zeigt sich außerhalb der Brandungszone in einer durchschnittlichen Tiefe von 9 Meter ein Band von reichlich mit zerschlagenen Schneckenschalen durchsetztem Schlamm. Vielleicht dürfte auch diese Erscheinung auf die Wirkung solcher Strömungen hindeuten.

Zschokke erwähnt die von Surbeck und Clessin gemachten Erfahrungen, daß im Gebiete von Grundströmungen besonders große, starke, gelbinkrustierte und schlammbedeckte Pisidienschalen auftreten. Er nimmt hingegen diese Begründung nur mit allem Vorbehalt auf, da diese Muscheln im Mündungsbereich von Flüssen, die viele Sedimente mit sich führen, gefunden wurden. Auch der Hallwilersee ist charakterisiert durch solche Muscheln in seinem untern Teil. Doch fällt hier diese Einwendung Zschokkes dahin, da

gerade in diesem Gebiet keine Bäche einmünden. Meine Funde stützen also die Ansicht der beiden genannten Autoren.

Ob diese Seeströmungen auch die größten Tiefen durchziehen, konnte ich bis jetzt nicht feststellen. Den gemachten Wahrnehmungen nach zu schließen, halten sie sich mehr an die Ufer.

Die vertikalen Strömungen thermischer Natur berühren jedenfalls die größten Tiefen bei der erwiesenen Konstanz der Tiefentemperaturen sehr wenig.

i) Winde.

Der See erstreckt sich zwischen zwei östlich und westlich ihn begleitenden Höhenzügen von Süd-Südost nach Nord-Nordwest. Aus dieser Lage ergeben sich auch die vorherrschenden Winde, Südwind (Föhn) und Nordwind (Bise). Ersterer macht sich hauptsächlich im Frühling geltend, letzterer mehr im Herbst und Winter. Sehr wenig Wirkung haben der Höhenzüge wegen West- und Ostwinde. Nördlich und südlich des Sees ist das Tal sehr weit und offen, sodaß auch die hier auf den See eintretenden Winde keine starke Wellenbewegung hervorrufen. Der See darf also als ruhig bezeichnet werden. Der Einfluß dieser Winde auf die tieferen Wasserschichten inbezug auf die Temperatur derselben und die Rolle als Transportmittel für organische Ablagerungen auf dem Seespiegel sind ganz unbedeutend.

k) Klima.

Jedes Wasserbecken wirkt günstig auf das Klima seiner näheren Umgebung. Deutlich kann dieser Einfluß auch in der Umgebung des Hallwilersees beobachtet werden. Der Wein und verschiedene feinere Obstsorten sind aus dem Seetal bekannt. In erster Linie ist das Wasser ein Wärmeakkumulator, der bis in den Winter hinein, dann wieder beim Zufrieren, Wärme nach außen abgibt. So fand ich am 29. November 1916 nach mehreren Nächten mit Temperaturen bis zu — 4° immer noch eine Oberflächentemperatur von 7,6°. Eine zweite Wirkung ist die Reflexion der Wärmestrahlen der Sonne in die Umgebung. Sehr wichtig für die Pflanzenwelt der Seeufer sind die im Herbst und Frühling über dem See sich bildenden Nebel, die eine zu rasche Wärmeausstrahlung verhindern und so

auch Reife von der Gegend fernhalten. So können die Ufer auch mit frühblühenden Kirschbäumen bepflanzt werden.

1) Chemische Beschaffenheit des Schlammes.

Der Grundschlamm des Hallwilersees zeigt meistens eine deutliche Schichtung, indem die tiefern Lagen dunkelgrau, die obern hellgrau aussehen. Ferner ist der Schlamm geringerer Tiefen feinkörnig, der Schlamm größerer Tiefen gallertartig, beim Austrocknen brüchig. Auf die Bedeutung der Schichtung sind wir an anderer Stelle eingetreten. Auffällig ist die Armut der Tiefe an pflanzlichen und tierischen Ueberresten, die sonst aus den meisten Seen gemeldet werden.

Aus der chemischen Analyse des Grundschlammes, die in liebenswürdiger Weise von Herrn Prof. Dr. H. Hartmann in Aarau übernommen wurde, treten besonders folgende Erscheinungen hervor:

1. Reicher Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Außer dem Madüsee kenne ich aus der mir zugänglichen Literatur keinen See, dessen Schlamm einen annähernd gleich hohen Kalkgehalt aufweist (*Genfersee* 21,8—32 %, *Lac de Bourget,* in *Kalkgebirg,* 60—70 %, *Madüsee* 36,3—75,48 %, *Baldeggersee* 46,5 %, *Hallwilersee* 58,5—75,6 %; sehr geringer Gehalt: *Eifeler Maare, Wurlsee* 16 %, der ganz schwarze Schlamm einiger *dänischer Seen* 0,1—3 %). Weltner (46) erklärt aus dem hohen Kalkgehalt die helle Färbung des Tiefschlammes aus dem Madüsee. Auch der Hallwilersee dürfte als Beispiel hiefür genannt werden. Aus den Gründen, die Weltner für den hohen Kalkgehalt angibt, fallen für den Hallwilersee folgende in Betracht:

a) Die Zuflüsse des Sees. Allerdings hat der Hallwilersee keine wasserreichen Zuflüsse. Doch fließen diese auf ihrem ganzen Wege durch Moränen und Sande, aus welchen sie viel Kalk auswaschen.

b) Das umliegende Gelände. Der See ist an seinen Ufern fast durchwegs von Moränenwällen begrenzt, aus denen das dem See zufließende Regenwasser auch wieder Kalk bringen kann.

c) Die Uferbank. Dieses ist die kalkreichste Zone, da hier die Makrophyten, Mollusken und verwitterndes Gestein die Kalkproduzenten bilden. Die Brandung wühlt, besonders bei heftigen Winden, den Grund auf und das Wasser trägt das feine Kalksediment weit in den See hinaus.

Geringe Wirkung haben die Planktonorganismen, da der See verhältnismäßig arm ist an solchen.

2. Geringer Gehalt an organischer Substanz.

Ebenso auffallend, wie die Höhe des Kalkgehaltes, ist der geringe Gehalt an organischen Stoffen. Während z. B. Thienemann aus den Maaren der Eifel 32—68 % angibt, ergaben die Analysen das Hallwilerseeschlammes 6—11 % in der Tiefe, 16 % am Ufer. Weltner fand in dem sehr kalkhaltigen Tiefenschlamm des Madü dunkel gefärbten Kot, organische Reste zerfallener Tiere und Pflanzen, Diatomeen, Nadeln von Spongien, Schnecken- und Muschelschalen — alles Stoffe, die auf reichern Gehalt an organischen Bestandteilen in der chemischen Zusammensetzung hindeuten, die besonders im obern Teil des Hallwilersees zu den Seltenheiten gehören.

3. Geringer Eisengehalt.

Der Hallwilerseeschlamm 3—6 % $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ gegenüber zirka 14—40 % im Schlamm der Eifeler Maare.

Die drei obgenannten Faktoren verursachen in erster Linie die hellere Schlammfärbung. Insbesondere sind es aber die zwei erstgenannten, auf die die spärliche Besiedlung des Seebodens zurückzuführen ist.

Der nahe Baldeggersee weist etwas günstigere Verhältnisse auf. Der Kalkgehalt ist geringer, der Gehalt an organischen Stoffen höher, ebenso der Eisengehalt. Daraus ergibt sich die dunklere Schlammfärbung und wahrscheinlich auch die reichere Fauna.

4. Untersuchungsmethode.

In den Jahren 1907 und 1908 benutzte ich zu meinen Schlammfängen neben dem Steinmann-Samter & Weltnerschen Netz noch die Forel'sche Metalldredge. Die beiden Fangmethoden sind bekannt; zudem habe ich sie in meinen früheren Mitteilungen (16) skizziert. Letzteres Fanggerät erwies sich in der Folge als überflüssig, da die Resultate damit nicht andere wurden. Der Vorteil der Netzdredge ist leicht ersichtlich. Ich verweise hier auf die Ausführungen W. Fehlmanns (11). Ein Nachteil der Metalldredge gegenüber der Netzdredge liegt in dem Umstand, daß erstere sofort so tief eingreift, daß sie über einer kleinen Fläche schon gefüllt wird. So bringt sie mehr Schlamm der sterilen tiefern Schichten, als von der

bewohnten Oberfläche mit sich. Bei den weitern Fängen von 1913 bis 1916 ließ ich deshalb die Metalldredge ganz beiseite und arbeitete ausschließlich mit der Netzdredge. Das Seil wird auf einem Haspel, der an der Bootswand festgeschraubt werden kann, auf- und abgerollt. Die Längenveränderungen des Seiles sind auch nach längerem Gebrauch äußerst minim, sodaß sie für die biologischen Untersuchungen nicht in Betracht fallen.

Für die Temperaturbestimmungen verwendeten wir das Six'sche Maximum- und Minimum-Thermometer, das auf der Rückseite zur Beschwerung mit einer Eisenplatte belegt wurde. Mehrere Kontrollmessungen mittelst eines Negretti-Zamba-Thermometer ergaben bis auf $^1/_{10}$ Grad genau dieselben Resultate, sodaß ich das bedeutend billigere erstere Instrument für Seen von geringeren Tiefen empfehlen möchte.

Ueber die übrigen Messungen vergl. die Angaben im hydrographischen Teil.

Von jedem Schlammzug wurde eine Probe in einem Standgläschen mit etwas Wasser mitgenommen; der Rest konnte im Netze selbst durch Schütteln und Nachziehen im Wasser filtriert werden, wobei die makroskopischen Bestandteile zurückblieben. Diese wurden entweder direkt bestimmt oder lebend zur Untersuchung verschickt. Von den Schlammproben wurden täglich leichte Schichten verdünnt mit Wasser, auf dem Objektträger ausgebreitet und mikroskopisch durchsucht. Was nicht an die Oberfläche der Gläschen gelangte, wurde erhalten durch Ausbreiten des Inhalts in flachen Schalen und Uebergießen mit frischem Wasser. Ich erachte die Gefahr, die Fehlmann (11) fürchtet betreffs fremder Eindringlinge, nicht als so groß, besonders wenn das Gefäß durch eine Glasscheibe gedeckt wird. Zugleich wurde so besonders die makroskopische Fauna länger lebend erhalten. Den Rest des Schlammes behielt ich für spätere Kontrollen in 10–20 %igem Formol zurück. Dieses Konservierungsmittel erwies sich als vollständig zweckmäßig und genügend.

Es wurden total 85 Schlammproben geholt, wovon zirka 35 auf die Uferzone und zirka 50 auf die Tiefenregion fallen. Die horizontale Verteilung derselben ist eine regelmäßige; 1907/1908 berücksichtigte ich mehr den untern, 1913/16 mehr den obern See. Fänge wurden jeden Monat ausgeführt.

Zu meiner Faunenliste möchte ich folgende Bemerkungen anbringen:

1. Die Litoralfauna, besonders diejenige des obersten seichten Ufergürtels, wurde, ausgenommen die *Rhizopoden,* nicht eingehend und lückenlos untersucht. Insbesondere fehlen Beobachtungen über Periodizität.

2. Keinen Anspruch auf Vollständigkeit macht das Verzeichnis der *Heliozoen, Nematoden, Cyclopiden, Diptern* und *Trichoptern.*

3. Nicht berücksichtigt wurden *Mastigophoren, Infusorien, Suctorien, Cladoceren* und *Harpacticiden* (insofern letztere 2 Gruppen überhaupt vertreten sind), auch die meisten *Naididen.*

4. Nicht genauer determiniert wurden: *Ostracoden, Chironomiden.*

Die meist äußerst licht verteilte Fauna und die Tatsache, daß die meisten Gruppen sehr schwach vertreten sind, bewog mich dazu, speziell die verhältnismäßig, besonders qualitativ, reiche Rhizopodenfauna eingehender zu untersuchen, um wenigstens aus dieser ein faunistisches Charakterbild des Sees herauslesen zu können. Allen übrigen Bewohnern sind engumschriebene Grenzen gezogen.

B. SPEZIELLER TEIL.

1. Faunenliste des Hallwilersees.

a) Vertikale Verbreitung.

No.	Art (39)	0–10 m	10–20 m	20–30 m	30–40 m	40–48 m	Arten-zahl
	1. Rhizopoda.						
1	Difflugia piriformis Perty . . .	■	■				
2	D. piriform. var claviform. Penard	■	■				
3	D. piriformis var venusta Pen. .	■	■				
4	D. piriformis var bryophila Pen.		■				
5	D. piriformis var lacustris Pen. .		■	■			
6	D. hydrostatica Zach.			■	■	■	
7	D. lithophila Pen.	■	■	■	■	■	
8	D. elegans Pen.	■	■	■	■	■	
9	D. lebes Pen.	■	■				
10	D. urceolata Carter		■				
11	D. urceolata var olla Pen. . .	■					
12	D. histrio Pen.			■			
13	D. pulex Pen.				■	■	
14	D. amphora Leidy	■					
15	D. gramen Pen.		■	■	■	■	
16	D. gramen var achlora Pen. . .	■					
17	D. fallax Pen.			■	■	■	
18	D. limnetica Pen.			■	■	■	
19	D. constricta Ehrbg.	■	■			■	
20	D. acuminata Ehrbg.	■	■				
21	D. acuminata var inflata Pen. .		■				
22	D. globulosa Duj.	■					
23	D. globulosa var globularis Pen.		■				
24	D. lobostoma Leidy	■	■				
25	D. lemani Blanc		■				
26	D. lithoplites Pen.		■				
27	D. corona Wallich	■					
28	D. lucida Pen.		■				
29	Pontigulasia bigibbosa Pen. . .	■	■				
30	Campascus minutus Pen. . . .				■	■	
31	Campascus triqueter Pen. . . .		■	■	■	■	
32	Cyphoderia margaritacea Ehrbg.					■	
33	Cyph. margaritacea var major Pen.		■				
34	Cyphoderia spez.				■	■	
35	Pareuglypha reticulata Pen. . .				■	■	
36	Quadrula globulosa Pen. . . .				■	■	
37	Pseudodifflugia gracilis Schlumb.	■	■				
38	Pseudodiffl. Archeri Pen. . . .					■	
39	Nebela crenulata Pen.					■	
40	N. minor Pen.		■				
41	N. collaris Leidy	■					
42	N. americana Par.					■	
43	N. vitraea Pen.		■				
	Uebertrag	17	24	9	12	17	

No.	Art	0–10 m	10–20 m	20–30 m	30–40 m	40–48 m	Arten-zahl
	Uebertrag	17	24	9	12	17	—
44	Arcella vulgaris Ehrbg.				■	■	
45	A. stellaris Perty	■					
46	A. hemisphaerica Perty					■	
47	A. discoides Ehrbg.	■	■				
48	Centropyxis aculeata Stein	■	■				
49	C. aculeata var discoides Pen.	■	■				
50	C. arcelloides Pen.	■	■				
51	C. laevigata Pen.		■				
52	Gromia saxicola Pen.	■					
53	G. squamosa Pen.		■				
54	G. nigricans Pen.		■				
55	G. Brunneri Blanc		■				
56	Sphenoderia lenta Schlumb.	■					
57	Phryganella nidulus Pen.	■	■	■	■	■	
58	Lequereusia modesta Rhumbler	■					
59	Pamphagus arcuatus Pen.		■				
60	Pelomyxa palustris Greff			■	■	■	
61	Amoeba proteus Roesel				■	■	
62	Amoeba beryllifera Pen.					■	62
	2. Helizoa.						
1	Hedriocystis reticulata Pen.	■					
2	Clathrulinea elegans Cienk.	■	■				2
	3. Bryozoa.						
1	Fredericella sultana Blbrg.	■					
2	Cristatella mucedo Cuv.	■					2
	4. Coelenterata.						
1	Hydra vulgaris Pallas	■					1
	5. Rotatoria.						
1	Rotifer vulgaris Schrank			■			
2	Anuraea cochlearis Gosse var tecta	■					2
	6. Tricladida.						
1	Dendrocoelum lacteum Oersted	■					1
	7. Hirudinea.						
1	Glossosiphonia complanata L	■					1
	8. Oligochaeta.						
1	Tubifex tubifex Müll	■	■	■	■	■	
2	T. ferox Eisen	■	■	■	■	■	
3	T. heuscheri Br.		■				
4	Psammoryctes barbatus Gr.		■				
5	Limnodrilus spez.					■	5
	9. Naidida.						
1	Paranais uncinata Oerst.		■				
2	Stylaria lacustris L	■					2
	Uebertrag	37	40	14	18	26	78

No.	Art	0–10 m	10–20 m	20–30 m	30–40 m	40–48 m	Arten-zahl
	Uebertrag	37	40	14	18	26	78
	10. Nematodes.						
1	Gordius aquaticus L	■					
2	Dorylaimus stagnalis Duj. . . .					■	2
	11. Cestodes.						
1	Caryophyllaeus mutabilis Rud. .		■				1
	12. Bivalva.						
1	Anodonta mut. var cellensis Schrœt	■					
2	Pisidium fossarinum Clessin . .				■	■	2
	13. Gasteropoda.						
1	Bythinia tentaculata L	■					
2	Valvata piscinalis Müll. . . .	■					
3	V. piscinalis var antiqua Sowerby	■					
4	V. cristata Med.	■					
5	Pupa antivertigo Drap.	■					
6	Lymnaea glabra Müll.	■					
7	Physa fontinalis L	■					
8	Planorbis nitidus Müll.	■					
9	Ancylus capuloides Jon. . . .	■					9
	14. Cyclopida.						
1	Cyclops viridis Jurine				■		
2	Cyclops albidus Jurine	■					2
	15. Amphipoda.						
1	Gammarus pulex L	■					
2	Niphargus puteanus Koch & Gervais (Reste)					■	2
	16. Ostracoda.						
	Unbestimmte Formen	■	■	■			
	17. Hydracarina.						
1	Limnesia maculata Müll. . . .		■				
2	Piona nodata Müll.		■				
3	Hygrobates nigro-maculatus Leb.		■				
4	Tiphys cetratus Koen.		■				
5	Atax crassipes Müll.		■				
6	Hydrachna globosa Degeer . .	■					
7	Forelia spez.	■					7
	18. Chironomida.						
1	Chironomus fulviventris Joh. . .	■	■	■	■		
2	Ch. decorus Joh.	■					2
	19. Trichoptera.						
1	Mystacides nigra L	■					
2	Agraylea multipunctata Cust. .	■					
3	Limnophilus flavicornis L . . .	■					
4	L. decipiens Kol.	■					
5	Molanna angustata Curt . . .	■					
6	Plectrocnemia geniculata Mc Lach	■					6
	20. Neuroptera.						
1	Sialis lutaria L	■					1
	TOTAL	62	48	16	21	29	112

b) Horizontale Verteilung und quantitatives Vorkommen.

Art	Unterer See	Oberer See	Häufig	Verbreitet	Selten
Rhizopoda.					
Difflugia piriformis Perty	o	o			
D. piriformis var claviformis Pen.	o	o			
D. piriformis var venusta Pen.		o			
D. piriformis var bryophila Pen.	o	o			
D. piriformis var lacustris Pen.	o	o			
D. hydrostatica Zach.	o	o			
D. lithophila Pen.	o	o			
D. elegans Pen.	o	o			
D. lebes Pen.	o	o			
D. urceolata Carter	o				
D. urceolata var olla Pen.		o			
D. histrio Pen.	o	o			
D. pulex Pen.	o				
D. amphora Leidy		o			
D. gramen Pen.	o	o			
D. gramen var achlora Pen.	o				
D. fallax Pen.		o			
D. limnetica Pen.		o			
D. constricta Ehrbg.	o	o			
D. acuminata Ehrbg.	o	o			
D. acuminata var inflata Pen.		o			
D. globulosa Duj.	o	o			
D. globulosa var globularis Pen.	o				
D. lobostoma Leidy	o	o			
D. lemani Blanc	o	o			
D. lithoplites Pen.		o			
D. corona Wallich		o			
D. lucida Pen.		o			
Pontigulasia bigibbosa Pen.	o	o			
Campascus minutus Pen.	o				
C. triqueter Pen.	o	o			
Cyphoderia margaritacea Ehrbg.		o			
C. margaritacea var major Pen.	o				
C. spez.	o				
Pareuglypha reticulata Pen.	c				
Quadrula globulosa Pen.	o				
Pseudodifflugia gracilis Schlumb.	o	o			
P. Archeri Pen.	o	o			
Nebela crenulata Pen.	o	o			
N. minor Pen.		o			
N. collaris Leidy		o			
N. americana Tar.		o			
N. vitraea Pen.	o	o			
Arcella vulgaris Schlumb.	o				
A. stellaris Perty		o			
A. hemisphaerica Perty		o			
A. discoides Ehrbg.		o			
Centropyxis aculeata Stein	o	o			
Uebertrag	32	38	5	11	32

Art	Unterer See	Oberer See	Häufig	Verbreitet	Selten
Uebertrag	32	38	5	11	32
Centropyxis aculeata var discoides Pen.	o	o			
C. arcelloides Pen.	o	o			
C. lacvigata Pen.		o			
Gromia saxicola Pen.		o			
G. squamosa Pen.		o			
G. nigricans Pen.		o			
G. Brunneri Blanc	o				
Sphenoderia lente Schlumb.		o			
Phryganella nidulus Pen.	o	o			
Lequereusia modesta Rhumbler		o			
Pamphagus arcuatus Pen.	o				
Pelomyxa palustris Greff	o	o			
Amoeba proteus Roesel	o				
A. beryllifera Pen.		o			
Heliozoa.					
Hedriocystis reticulata Pen.	o				
Clathrulinea elegans Cieuk.	o				
Bryozoa.					
Fredericella sultana Blbrg.		o			
Cristatella mucedo Cuv. (Statopl.)	o	o			
Coelenterata.					
Hydra vulgaris Pallas	o				
Rotatoria.					
Rotifer vulgaris Schrank	o	o			
Anuraea cochlearis var tecta	o	o			
Tricladida.					
Dendrocoelum lacteum Oersted	o	o			
Hirudinea.					
Glossosiphonia complanata L	o	o			
Oligochaeta.					
Tubifex tubifex Müll.	o				
T. ferox Eisen	o				
T. heuscheri Br.	o				
Psammoryctes barbatus Gr.	o				
Limnodrilus spez.	o				
Naidida.					
Paranais uncinata Oerst.	o				
Stylaria lacustris L	o	o			
Nematodes.					
Gordius aquaticus L	o	o			
Dorylaimus stagnalis Duj.	o	o			
Cestodes.					
Caryophyllaeus mutabilis Rud.	o				
Uebertrag	57	58	9	21	51

Art	Unterer See	Oberer See	Häufig	Verbreitet	Selten
Uebertrag	57	58	9	21	51
Bivalva.					
Anadonta mutab. var Cellensis Schroet.	o	o	I		
Pisidium fossarinum Clessin	o		I		
Gasteropoda.					
Bythinia tentaculata L	o	o		I	
Valvata piscinalis Müll.	o	o		I	
V. piscinalis var antiqua Sowerby . .	o	o			I
V. cristata Med.	o	o			I
Pupa antivertigo Drap.	Verlandungszone		I		
Lymnaea glabra Müll.			I		
Physa fontinalis L				I	
Planorbis nitidus Müll.	o	o		I	
Ancylus capuloides Jon.	o	o		I	
Cyclopida.					
Cyclops viridis Jur.	o			I	
C. albidus Jur.	o			I	
Amphypoda.					
Gammarus pulex L		o			I I
Niphargus puteanus Koch & Gervais (Reste)		o			I
Ostracoda.					
Unbestimmte Formen	o	o		I	
Hydracarina.					
Limnesia maculata Müll.	o			I	
Piona nodata Müll.	o			I	
Hygrobates nigro-maculatus Leb. . .	o				I
Tiphys cetratus Koen.	o			I	
Atax crassipes Müll.	o			I	
Hydrachna globosa Degeer	o	o		I	
Forelia spez.	o				I
Chironomida.					
Chironomus fulviventris Joh.	o	o	I		
Ch. decorus Joh.	o			I	
Trichoptera.					
Mystacides nigra L		o		I	
Agraylea multipunctata Curt		o		I	
Limnophilus flavicornis L	o	o	I		
L. decipiens Kol.	o	o	I		
Molanna angustata Curt	o				I
Plectrocnemia geniculata Mc Lach . .		o			I
Neuroptera.					
Sialis lutaria L	o	o		I	
TOTAL	81	76	16	38	59

c) Fauna des Baldeggersees.

Am 29. Juli 1915 holten Brutschy und ich aus drei verschiedenen Tiefen (12 m, 46 m und 58 m) des Baldeggersees je eine Schlammprobe. Die Resultate der chemischen Untersuchung erwähnte ich bereits im hydrographischen Teil dieser Arbeit. Auffallend war besonders die dunklere Farbe und die Zähigkeit des Schlammes aus den zwei größeren Tiefen, woraus bereits auf größeren Gehalt an organischen Bestandteilen geschlossen werden konnte.

Die Temperaturen waren an diesem Tage folgende:

Baldeggersee:		Hallwilersee:	
2 m	20°	2 m	20°
5 m	15,8°	5 m	20°
10 m	6,4°	10 m	8°
15 m	5,4°	15 m	5,6°
20 m	5°	20 m	5,1°
30 m	4,5°	30 m	5°
40 m	4,5°	46 m	4,5°

Die Temperaturverhältnisse sind also im allgemeinen dieselben.

Die Fauna des Baldeggersees ist hingegen, soweit aus diesen einzelnen Fängen geschlossen werden darf, besonders in größeren Tiefen bedeutend reicher, speziell in quantitativer Beziehung.

Ich bestimmte daraus folgende Formen:

Art:	Tiefe:	Häufig:	Hallwilersee:
Codonella lacustris Entz.	58 m	I	selten
Difflugia elegans Pen.	46 m	I	verbreitet in allen Tiefen
D. elegans var teres Pen.	12,58 m		fehlt
D. constricta Ehrbg.	46 m	I	0–20 m häufig
D. amphora Leidy	12 m		selten 10–20 m
D. hydrostatica Zach.	46 m	I	20–48 m häufig
D. piriformis Perty	12,46 m	I	0–20 m häufig
D. lemani Blanc	12,58 m		0–20 m selten
D. piriformis var claviformis Pen.	12 m		0–20 m verbreitet
Pseudodiffl. Archeri Pen.	58 m		40–48 m verbreitet
Centropyxis aculeata Stein	12 m	I	0–20 m selten
Gromia saxicola Pen.	58 m		0–10 m verbreitet
Trochospongilla erinaceus Ehrbg.	58 m	I	fehlt
Rotifer vulgaris Schrank	58 m	I	0–10 m verbreitet
Moina rectirostris O. F. Müll.	58 m		fehlt
Naidida	12 m		0–20 m selten – verbreitet

2 Horizontale und vertikale Verteilung der Fauna im See.

Trotz des so gleichförmigen Aeußern des Sees, der nirgends durch starke Vorsprünge eingeengt oder durch sublakustrische Moränenwälle geteilt wird, der nicht die geringste Abbiegung zeigt, ist die Fauna nicht gleichmäßig auf seinen Boden ausgestreut. Die weitgehendsten Abweichungen in der Zusammensetzung der Fauna des obern und des untern Sees machen sich geltend. Wenn ich in der Folge vom obern und untern See spreche, so seien nicht zwei scharf von einander getrennte See-Abschnitte darunter verstanden. Die Grenze bildet ungefähr die Linie Birrwil-Landungsplatz-Delphin; was südlich davon liegt, bezeichne ich mit „oberer", was nördlich liegt, mit „unterer" See.

a) Oberer See.

Die vorliegenden Faunenlisten können allein kein gutes Bild für quantitative horizontale Verteilung geben. Es stehen sich gegenüber die Artenzahlen 76 im obern See und 81 im untern See. Diese sehr geringe Differenz wäre größer, wenn nicht auffallenderweise die Artenzahl der Rhizopoden im obern See (49 Arten) gegenüber derjenigen im untern See (39 Arten) überwiegen würde. Die Erklärung für diese Eigentümlichkeit finde ich darin, daß der obere See genauer und längere Zeit (1913–16) hauptsächlich nach Rhizopoden durchsucht wurde, als der untere (1907 und 1908). Gewiß würden noch viele in der Liste nur für den obern See notierten Formen bei genauerer Durchforschung auch im untern zu finden sein. Ich lege kein großes Gewicht darauf, da die gefundene Wurzelfüsserfauna zum größten Teil heute in unserm See ausgestorben ist und nur ihre Gehäuse zurückgelassen hat.

Um so bedeutungsvoller und auffallender ist die vollständige Abwesenheit ganzer für andere Seen typischer Tiergruppen im obern See. Ich weise hin auf: 1. *Coelenteraten,* 2. *Oligochaeten,* 3. *Pisidien,* 4. *Cyclopiden,* 5. *Hydracarinen.* Ferner sind sehr spärlich vertreten *Ostracoden* und *Chironomiden.*

Vergleichen wir einzelne Gebiete des obern Sees unter sich, so ergeben sich ebenfalls wieder Verschiedenheiten in der Bevölkerungszahl. Die ärmste Zone ist das Gebiet der sublakustrischen Delta bei Aesch. Die Fänge bis auf 15 Meter Tiefe außerhalb der beiden

Bachmündungen enthielten nie einen einzigen Bewohner. Bloß an einer Uferstelle am Rande des Deltas haben sich einzelne Chrinomiden angesiedelt. Aeußerst arm ist auch die typische Verlandungszone nördlich der Deltas. Allerdings stammen aus diesem Gebiet viele der erwähnten Schnecken, doch sind diese wohl meist passiv durch die Brandungswellen dorthin verschlagen worden. Selbst die sonst belebten Phragmiteswälder jener Gegend bleiben unbewohnt. Einzig größere Diatomeen scheinen darin noch existieren zu können. Dicht neben diesem verödeten Seeteil – südlich des „Hölzli" – liegt eine kleine Bucht mit einer mittleren Tiefe von 8 Meter, die ganz unmittelbar wieder buntes Leben beherbergt. Von Wind und Wellen ziemlich geschützt und vom Schicksal der Verschüttung bewahrt, wird der Boden dieses kleinen Beckens zum Refugium verschiedener, im obern See spärlich oder gar nicht vertretenen Arten. Die Litoralformen der *Rhizopoden* scheinen sich hier konzentriert zu haben. *Ostracoden* und *Chironomiden* bringt jeder Dredgenzug herauf, massenhaft stecken die *Anodonten* im Schlamm und die Ufer wimmelten bei einem Besuche an einem schönen Maitage von ausschlüpfenden *Köcherfliegen* und *Mücken.*

Wenig belebt ist wieder das Einflußgebiet des Wagbaches am Südende des Sees. *Difflugia piriformis* und *D. constricta* charakterisieren den Faunenbestand. Vom Bache zugetragen erscheinen noch etwa erratische Formen im tiefern Litoral. So entstammen Fängen von 7 und 13 m Tiefe *Gammarus pulex* und *Agrionlarven.* Hingegen fehlen die sonst den ganzen Ufergürtel durchfurchenden *Anodonten.* — Es ist auffällig, daß trotz stellenweisen Detritusanhäufungen die Fauna keine reichere ist.

Die größten Seetiefen von 46–48 m haben als einzigen heimischen Bewohner *Difflugia hydrostatica.* Alle übrigen aus diesen Tiefen erwähnten Arten treten nur äußerst vereinzelt auf.

b) Unterer See.

Die Arten- und Individuenzahl ist in diesem Seeabschnitt bedeutend größer, wenn auch nicht vergleichbar mit der Bevölkerungsdichte anderer subalpiner Seen. Nie mangeln in den Fängen *Rhizopoden* und *Ostracoden; Hydracarinen* sind stellenweise häufig. In der Tiefe ist der Schlamm dicht bevölkert von *Oligochaeten,* im Litoral von *Chironomiden.* Bis zu 40 m Tiefe hinunter steigen *Pisidium fossarinum* und seltene Rhizopoden, wie *Pareuglypha reticulata* und *Quadrula globulosa. Trichopternlarven* sind sehr

häufig im Litoral, die neu entdeckte *Molanna angustata* geht bis zu 10 Meter Tiefe hinunter. *Hydra vulgaris* ist gemein für die Birrwilerbucht. Die *Cyclopiden* sammeln sich in ca. 15 m Tiefe vor dem Ausflusse des Aabaches.

Was aber hier, wie oben im See, fehlt, das sind die eigentlichen charakteristischen abyssalen Tiere, wie: *Fredericella duplessisi, Asellus foreli* und *Niphargus puteanus.*

c) Litoral.

Meine Faunenliste des Litorals ist sehr lückenhaft, weil größtenteils nur diejenigen Arten aufgenommen wurden, die auch mehr oder weniger der Tiefe zu wandern. Wenig berücksichtigt ist die Fülle der Bewohner des seichten Ufers. Wie ich früher schon erwähnte, unterscheide ich vier Uferarten, je nach Bodenbeschaffenheit und floristischen Beständen.

I. Die Steinzonen. Nur wenige und kleine Stellen des Litorals sind von gröberem diluvialem Geröll übersät. Der größte Teil der hier seßhaften Tierwelt hat sich die Steine als Schutz auserwählt. So finden wir daran massenhaft Schlammröhren von Mückenlarven angeheftet; *Glossosiphonia complanata* und *Dendrocoelum lacteum* saugen sich auf deren Unterseite fest und *Trichopternlarven* kleben auch ihre Gehäuse daran. Als Vertreter der *Gastropoden* ist hier die *Napfschnecke* heimisch. Wenn auch nicht sehr häufig, so ist doch öfters auf Steinen *Fredericella sultana* wahrzunehmen. Begreiflicherweise fehlt die Rhizopodenfauna.

II. Die Sandzonen. Auch diese sind sehr beschränkt und treten mit Steinen durchsät in der Nähe der Bacheinflüsse auf. Sie sind gekennzeichnet durch den Mangel an tierischen Bewohnern. Als Wurzelfüsser mit kräftigen Gehäusen vermögen sich hier noch aufzuhalten: *Difflugia piriformis, D. elegans* und *Sphenoderia lenta.* Hauptsächlich aber sind es *Anodonten,* die hier ihre Heimat haben und an einigen Orten bilden die *Chironomiden* kleinere Rasen.

III. Die Phragmiteszonen. Ich verstehe hierunter alle von hohen, über den Seespiegel hinausragenden Phanerogamen bewachsenen Litoralflächen. Diese bilden den weitaus größten Teil der Uferbank. Der Boden ist durchfilzt von Wurzelgeflecht und trägt meist nur eine dünne Schicht Schlamm. Bloß uferwärts sind von der Brandung größere Anhäufungen von organischem Detritus gebildet. Ein bewegtes Leben zieht sich durch diese Wälder, die leicht ersichtliche

Vorteile bieten: reichliche, organische Nahrung, Halt an den Pflanzenstengeln, günstige Plätze für Eiablage an Stengeln und Blättern, geschwächte Wirkung der Uferbrandung. Hauptsächlich vorteilhaft ist diese Bewachsung für Insektenlarven, die daran aufsteigen zum Ausschlüpfen.

Hier wäre die Heimat der eurythermen Tiefentiere; die Bedingungen für diese wären in reichlichem Maße erfüllt, und doch fehlen sie zum größten Teil. So müssen andere stärkere Faktoren dieser für eine Tiefenfauna günstigen Quelle entgegenwirken.

IV. Die Charazonen. So günstig die Bewachsung der Uferzone durch *Phanerogamen* auf die Bevölkerungsdichte einwirkt, so ungünstig erweist sich der Einfluß der *Charagewächse,* die bis zu 8 Meter Tiefe hinuntersteigen. Ganz wenige Gebiete weisen größere Charabestände auf. Nie habe ich tierische Bewohner darin gefunden. Geringe Detritusbildung und sandiger Untergrund mögen die Faktoren sein, die ungünstig auf die Fauna wirken.

d) Grenze zwischen Ufer- und Tiefenregion.

Sowohl die Verbreitung der Fauna, als auch der Flora, führt uns auf eine markante Grenzlinie, die bei einer Tiefe von ca. 20 m rings um den See verläuft. Brutschy stellte fest, daß hier die litoralen grünen Algen aufhören und höchstens erratisch in größere Tiefen sinken. Meine Faunenliste ergibt, daß die verhältnismäßig dichte Litoralbevölkerung zwischen 10 und 20 m Tiefe unvermittelt stark abnimmt. Ich verweise auf die Rhizopodenliste mit 34 Arten bei 10–20 m und bloß 11 Arten bei 20–30 m; ein gleiches Bild ergibt die Gesamtliste mit 48 Arten bei 10–20 m und 16 Arten bei 20–30 m. Auch thermisch kann bei 20 m die Tiefengrenze gezogen werden, indem die Temperaturen von Tiefen über 20 m äußerst geringe Schwankungen aufweisen.

3. BESPRECHUNG DER SPEZIES.

a) Rhizopoden.

Trotz der gewaltigen Ausdehnung, die die Erforschung unserer Seen in den letzten Jahrzehnten genommen hat, sind die Hauptbewohner des Seebodens, die Wurzelfüßer, mehr oder weniger stiefmütterlich behandelt worden. Wohl hat Penard mit seinen zirka 300 Arten die Faunenliste unserer Seebewohner ansehnlich bereichert, aber eine verhältnismässig geringe Anzahl hievon wurden, außer im Genfer- und Vierwaldstättersee, auch in andern Seen festgestellt. Ich habe aber bei der Untersuchung des Hallwilersees die Ueberzeugung erhalten, daß der weitaus größte Teil der Genfersee-Rhizopoden – wenn nicht restlos alle – in allen tiefern Glacialseen der Schweiz vorhanden sind. Der Grund dieser Vernachlässigung mag wohl darin liegen, daß selten ein See quantitativ so reich bevölkert ist, wie der Genfersee. Ein weiterer Grund aber ist die Vernachlässigung des Litoralgebietes. Oberhalb der 30-Meter-Tiefengrenze wurden zu wenig Fänge ausgeführt; im Hallwilersee aber liegt z. B. die Hauptverbreitungszone zwischen 10 und 20 Meter. Ich gehe völlig einig mit Sven Ekman (10), wenn er sagt, daß zur Aufstellung einer bloßen Liste der profunden Fauna es vollständig genügt, diese Zone allein zu untersuchen, nicht aber dann, wenn es zu bestimmen gilt, ob eine Art eigentlich profund ist. Die Zahlen allein dürfen nicht reden, sondern das Verhältnis derselben von profund zu litoral. Die bisherigen Daten über litorale Wurzelfüßer sind entschieden zu lückenhaft, um ganz sichere Tiefen-Rhizopoden zu umschreiben. Ich möchte den Satz Ekmans (10) besonders hier unterstreichen: „Nur, wenn ein Tiefenbestand ohne Zufuhr aus andern Zonen bestehen kann, während mehrerer Generationen, dann ist die Art fest eingebürgert."

Wenn ich nun aber im Hallwilersee bis jetzt als typische Tiefenformen angesprochene Rhizopoden im Litoral finde und profund nicht, mag dies allerdings auf die besondern hydrographischen Verhältnisse zurückgeführt werden. Meine Wurzelfüßerliste kann nur den Satz von Penard (30) bestätigen, daß jeder See seine besondere charakteristische Rhizopodenfauna besitzt; d. h. die Formen sind überall dieselben, nur die den See speziell charakterisierenden Tiere sind immer wieder andere. Da spielt jedenfalls weniger die Tiefe, als

der Bodentypus eine große Rolle. Schon die Bildung der verschiedenen Gehäuse erfordert verschiedenartige Stoffe. Wenn Bornhauser (5) die Mehrzahl der eigentlichen Wasserrhizopoden nicht nur als äußerst anpassungsfähige Kosmopoliten, sondern auch als Ubiquisten von unbeschränkter horizontaler und vertikaler Verbreitung anspricht, ist er entschieden zu weit gegangen. Uebrigens zitiert er dazu auch Zschokke, der doch selbst sagt: „Wenn so den Rhizopoden der Titel Kosmopoliten mit Recht zukommt, verdienen die wenigsten den Namen von Ubiquisten (51).“ Auch Penard spricht nicht für diese äußerste Anpassungsfähigkeit: „Les Rhizopodes se montrent tous plus ou moins sensibles aux influences du milieu, et, comme Schewiakoff, et d'autres, l'ont déjà fait remarquer, la nature de l'eau, la température, la lumière, la végétation qui les entoure, tous ces facteurs jouent un rôle important dans la vie de ces petits organismes (30).“

Meine Resultate aus dem Hallwilersee zeigen, daß die Verbreitung der einzelnen Spezies eine lokal meist scharf begrenzte ist. Ich stelle folgende vier Kategorien auf, ohne vorläufig auf das Vorkommen in andern Seen Rücksicht zu nehmen:

α) Reine Litoralformen
β) Reine Tiefenformen
γ) Im ganzen See verbreitete Formen
δ) Vereinzelt auftretende Formen.

α) LITORALFORMEN (1–20 m).

1. *Difflugia piriformis* Perty: Zschokke und Penard zählen eine Reihe von Seen auf, in welchen dieser Wurzelfüßer bis in die größten Tiefen niedersteigt; ebenso ist er bekannt aus Hochalpenseen und kleinen Weihern der Ebene; Kleiber (23) erwähnt ihn als Componenten der Hochmoorfauna und Bornhauser (5) aus Quellen der Umgebung Basels. Im Hallwilersee hingegen lebt er scharf begrenzt zwischen 2 m und 20 m Tiefe. Penard nennt ihn ziemlich variabel, glaubt aber, daß öfters andere Difflugien, welche jetzt als eigene Spezies erkannt sind, mit *piriformis* bezeichnet wurden. Die größte im Hallwilersee gefundene Form maß 325 μ, während ich aus 20 m Tiefe Gehäuse von bloß 114 und 190 μ heraufholte. Im allgemeinen stimmt auch hier der Satz von G. Steiner (40), daß die Größe im aufsteigenden See abnimmt. Im Geröll und grobem Sand fand ich das Tier nie.

Als sehr seltene Erscheinung erwähnt Penard das Auftreten von Doppelschalen bei D. piriformis, D. crassa, Lesquereusia spiralis, Nebela dentistoma, Diffl. bidens, Phryganella nidulus, Heleopera picta, Diffl. scalpellum. In drei Fällen kamen mir Doppelschalen von D. piriformis zu Gesicht (v. Fig. 1).

2. *D. piriformis var claviformis* Penard: Zschokke reiht sie unter die rein lakustrischen Formen ein. Ich fand sie von 4 m bis 22 m Tiefe in Größen von 320–380 μ. Als weitere Fundorte sind bis jetzt nur Genfer-, Neuenburger- und Vierwaldstättersee bekannt. Sie mag vielleicht auch öfters übersehen worden sein, weil sie nahe an D. piriformis anschließt.

3. *D. piriformis var. venusta* Penard: Aus der Seenfauna bis jetzt nicht bekannt. Ich fand sie nicht häufig in Tiefen von 1–14 m. Ihre Größe nimmt gegen das Ufer hin zu: 12 m Tiefe = 159 μ, 4 m T. = 165 μ, 1 m T. = 190 μ. Penard traf sie in einem kleinen, mit Wasserpflanzen bewachsenen Teich als scharf umschriebene Varietät.

4. *D. urceolata Carter:* Duplessis (9) sagt darüber: „Il est probablement d'origine littorale, car nous l'avons retrouvé au petit lac de Bret et il est commun dans diverses eaux stagnantes en Europe." Auch hier tritt sie bloß in 10–20 m Tiefe des untern Sees auf. Außer den von Zschokke erwähnten Fundorten sind nachzutragen: Thunersee (Penard), Attersee-Litoral und Zellersee 13 bis 21 m (Micoletzky), lac de St. Blaise (Thiébaud), Hochmoor (Kleiber). Etwas verbreiteter lebt im Hallwilersee die von Penard als eine aus D. urceolata hergeleitete

5. *D. lebes* Pen. Zschokke zählt nur profunde Fundorte auf. Penard fand sie im Genfersee, auch litoral in kleinern, aber typischen Formen; v. Hofsten (19) glaubt auch die von Penard im Thunersee unter *D. urceolata* eingereihten Formen zu dieser Art stellen zu dürfen. Im Hallwilersee beschränkt sich das Vorkommen derselben auf Tiefen von 10–22 m, Länge 350–380 μ. Ein einziges Mal traf ich die Form auch in 1 m Tiefe. Auch hier konnte konstatiert werden, daß die Größe mit der Tiefe etwas zunimmt.

6. *D. constricta* Ehrbg.: Ihr Vorkommen berechtigt dazu, sie zu den gemeinsten Kosmopoliten und Ubiquisten zu zählen. Hier bildet sie die eigentliche charakteristische Form des Litorals, indem sie mit größter Genauigkeit die Grenzen zwischen 1,5 und 22 m Tiefe innehält. Ihre Größe schwankt zwischen 110 und 200 μ. Alle

von Penard in seiner *„Faune rhizopodique du Léman"* gezeichneten Schalenformen sind vertreten mit verschiedenen Uebergängen. Als neue Form füge ich eine Spezies mit mehreren Hörnern zu (Fig. 2) die ich in einer typischen Brandungszone in 1 m Tiefe mehrfach vorfand. Ich betrachte diese Vermehrung von Stacheln mit Heinis als vorzügliche Bremsvorrichtungen, hauptsächlich hier gegen Wellenschlag. Auch die abgeplattete Gestalt ist eine wertvolle Schutzvorrichtung; dazu kommt als weiteres Mittel, sich am Boden festhalten zu können, die excentrische Lage der Schalenöffnung. Allerdings muß ich dahingestellt lassen, ob eventuell die Pseudopodien zum Halten gebraucht werden. Immerhin drängen sich uns hier solche Gedanken an Verankerungsmaßregeln auf.

7. *D. acuminata* Ehrbg. von Zschokke und Penard als weitverbreiteter Seenbewohner, von Bornhauser als Mitglied der Quellenfauna angegeben, bewohnt im Hallwilersee das seichte Ufer von ca. 1,5 m Tiefe. Bloß beim Bacheinfluß von Moosen wurde er in eine Tiefe von 13,5 m hinunter getragen. Alle gefundenen Formen sind von außerordentlicher Größe: 205, 225, eine Form sogar 340 μ. Eine Abweichung von der normalen Form zeigt ein zweizipfliges Hinterende (Fig. 3).

8. *D. acuminata var. inflata* Pen., eine sonst gut umschriebene Tiefenform, vertritt hier ebenfalls die Stammform in Tiefen von 17–20 m, wagt sich aber nicht in die eigentliche profunde Zone. Eigentümlicherweise fehlt sie auch in der Tiefe des Luganersees, in den Faulhornseen, den Hochmooren und kalten Quellen der Umgebung Basels, wo die *D. acuminata* vorkommt. Jedenfalls bedarf es für diese Art weiterer Belege, um sie definitiv unter die typischen stenothermen Ueberreste der Eiszeitfauna einzureihen. Immerhin steht dieses Verhalten der Form im Hallwilersee nicht einzig da. Auch andere typische Tiefenformen bleiben rein litoral.

9. *D. globulosa* Duj. ist die erste Difflugie, die Duplessis (9) in der Tiefe des Genfersees unter dem Namen *D. proteiformis* Ehrbg. entdeckt hat. Seither wurde sie auch in der Tiefe anderer Seen gefunden. Doch glaubt Zschokke diese Angaben nur mit Vorbehalt machen zu dürfen, da die Form leicht mit *lobostoma* verwechselt werden kann. Es scheint dies z. B. der Fall zu sein bei Heinis und Kleiber. Ersterer gibt aus dem Sphagnumgebiet des Jungholz nur *D. globulosa,* Kleiber aus demselben Gebiet in Torfstich und Randweiher nur *D. lobostoma* an. Jedenfalls haben wir es in beiden Fällen zum größten Teil nur mit der einen Form zu tun. *D. glo-*

bulosa scheint mir die häufigere zu sein, so hier im Hallwilersee, in den von Micoletzky untersuchten österreichischen Seen, in den Faulhornseen (G. Steiner 40), Stockhornseen (Baumann 4), Lac de Saint-Blaise (Thiébaud 42). Aus allen den genannten Gebieten (excl. Hallwilersee) wird von den betr. Autoren nur *D. globulosa* erwähnt. Penard zählt sie zu der nicht häufigen Sumpf- und Teichfauna. Hier erreicht sie Tiefen bis zu 8 m.

10. *D. globulosa var globularis* Pen.: Trotzdem wir nicht von einer typischen Varietät reden können, unterscheide ich die globularis, weil sie die Stammform in größern Tiefen (10–15 m) zu vertreten scheint. Auch Baumann verzeichnet die forma *globularis* aus dem Hinterburgsee und untern Bachsee.

11. *Pseudodifflugia gracilis* Schlumberger: Während das Tier im Vierwaldstättersee nur die Tiefe bewohnt, lebt es hier rein litoral als eine der häufigsten Arten. Bornhauser erkannte die Form in den Quellen um Basel. So darf sie nicht nur als Kosmopolit, sondern auch als Ubiquist angesprochen werden. Die Größe variiert zwischen 38 und 61 μ, Tiefenverteilung 1–20 m.

12. *Arcella discoides* Ehrbg.: Zu dem verbreiteten Vorkommen in Seen sind als weitere interessante Fundorte beizufügen: Jungholzmoorgebiet (Kleiber), Sphagnum (Heinis), Quellen (Bornhauser). Diesem kosmopolitischen und ubiquistischen Auftreten gegenüber steht die scharfe Begrenzung im Hallwilersee zwischen 2,5 und 20 m Tiefe.

13. *Centropyxis aculeata* Stein: Penard möchte diesen weitverbreiteten Kosmopoliten mit *Difflugia constricta* zu einer Art verschmelzen. In der Tat lassen sich verschiedene gemeinsame Eigenschaften angeben (excentrische Lage der Schalenöffnung, Form der Pseudopodien, furchtsame Scheu des Tieres, v. Penard). Doch gibt die chitinöse, braune Gehäusestruktur der *C. aculeata* ein typisches Aussehen. Im Hallwilersee fand ich immer nur die zweihörnige Form in einer wenig variabeln Größe von 150 μ. Sie hat auch nicht die gleiche Verbreitung im See, wie die *D. constricta;* ich holte sie immer nur zwischen 8 und 22 m Tiefe herauf.

14. *C. aculeata var discoides* Pen.: Zschokke hat diese Varietät in seiner Seenfauna nicht aufgenommen. Ich notiere sie als eine für Seen neue Form. Penard und Heinis nennen sie sphagnophil, Bornhauser zog sie aus Quellen. Im Hallwilersee ist ihr Verbreitungsbezirk derselbe engumschränkte, wie der ihrer Stammform; die Größe beträgt ca. 240 μ. Sie ist seltener, als vorige.

15. *C. arcelloides* Penard, in der Seenfauna bis jetzt unbekannt, wird von Klausener (22) als Bestandteil der Alpenfauna zuerst angegeben. Penard bezeichnet die Form nur provisorisch als seltenen Komponenten der Teichwasserfauna, während sie Bornhauser in Quellen entdeckte, Heinis im Sphagnum des Jura. Im Hallwilersee lebt sie als gut umschriebene Spezies von 108–120 μ in derselben Zone, wie vorige, aber seltener.

16. *Pontigulasia bigibbosa* Penard zeigt in ihrem Vorkommen wieder die ähnliche Erscheinung, wie früher erwähnte Formen, indem sie als gut fixierte Tiefenart (Zschokke) hier als charakteristische Litoralform in 1,5–20 m Tiefe als Riesenexemplar von bis 310 μ Länge auftritt. Interessant ist auch ihr Erscheinen in kalten Quellen (Bornhauser).

β) TIEFENFORMEN (20–48 m).

1. *Difflugia hydrostatica* Zach. ist als pelagisch lebende Difflugia der Seen bekannt. Auch im Hallwilersee fand sie Brutschy (8) im Plankton des ganzen Sees. Zschokke vermutet in den Gehäusen des Grundschlamms tote, zu Boden gesunkene pelagische Organismen. Eigentümlicherweise aber fing ich die Tiere immer nur in Tiefen von 22–48 m, ein einziges Mal in 13 m Tiefe beim Abfluß, jedenfalls dorthin geschwemmt. Ich muß die Art, wie *D. constricta* für das Litoral, für die Tiefe des Hallwilersees als typisch bezeichnen. Ihre Länge differiert zwischen 50 und 70 μ.

Ein Beweis dafür, daß sie ihre Heimat in der Tiefe des Sees hat und nicht bloß versunken ist, mag die Tatsache sein, daß im Litoral trotz der dort im Plankton häufigen Vertreter noch kein Fang dieselbe enthielt. So komme ich zu dem Schluß, daß die Plankton-*hydrostatica* ihre ursprüngliche Heimat in der Seetiefe hat.

2. *D. gramen* Pen.: Bis jetzt neu für Seen. Außer in einem Fang aus 12 m Tiefe kam sie nur in profunden Schlammproben vor bis zu 70 μ Länge. Penard beobachtete sie nur in Weihern. Weitere Fundorte sind in der mir zugänglichen Literatur keine verzeichnet.

3. *D. fallax* Penard wurde bisher nach Zschokke und Penard am Ufer und in der Tiefe subalpiner Becken und in flachen Teichen gesammelt. Bornhauser meldet sie als ziemlich häufigen Quellenbewohner, G. Steiner aus einem kleinen Teiche des Faulhorngebietes. Im Hallwilersee steigt sie von 20–46 m in die Tiefe und erreicht eine Größe von 52–83 μ.

4. *D. limnetica* Levander. Penard (35) betrachtet sie als synonym mit *D. hydrostatica.* Ich lasse die beiden vorläufig nebeneinander bestehen, da doch die beiden Gehäuse bedeutend differieren. Die Unterschiede erörtert Penard in seinen *„Recherches sur les Sarcodinés de quelques lacs de la Suisse et de la Savoie."* Ich füge noch hinzu, daß die durchschnittliche Größe meiner *hydrostatica* 60 μ und die der *limnetica* 100 μ beträgt. Vorläufig ist letztere nur aus Tümpeln und Teichen bekannt; im Hallwilersee fing ich sie in 22–44 m Tiefe.

5. *Campascus triqueter* Pen. Das Vorkommen dieses Rhizopoden in Tiefen von 17–48 m bestätigt von neuem seine Zugehörigkeit zur echt profunden Fauna.

6. *Pseudodifflugia Archeri* Pen. stimmt in ihren Wohnorten mit obiger Art überein. Zugefügt sei noch der bemerkenswerte Fund Bornhausers in kalten Quellen. Im Hallwilersee waren die Fundstellen auf 45–48 m Tiefe begrenzt.

7. *Pelomyxa palustris* Greef ist sonst ein häufiger Flachwasserbewohner, steigt aber hier, wie im Genfer- und Neuenburgersee, in die Tiefe hinunter. Im Schlamm ist sie ihrer Farbe und Bedeckung wegen sehr schwer erkenntlich und deshalb wohl so wenig aus Seen gemeldet.

γ) IM GANZEN SEE VERBREITETE FORMEN

1. *Difflugia lithophila* Pen. Die Art ist bis jetzt bloß aus Genfer-, Vierwaldstätter- und Luganersee bekannt als Tiefenform. Daß sie nur im Genfersee als auch litoral vorkommend erwähnt wird, hat wohl seinen Grund darin, daß die beiden andern Seen in der Uferzone nicht untersucht wurden. Auch ich gab in meinen ersten Mitteilungen (1911) als Fundort 30–50 m Tiefe an, fand die Spezies aber seither bis zu 8 m Tiefe hinauf ziemlich gleichmäßig verbreitet in variabeln Größen von 83–172 μ.

2) *D. elegans* Pen. ist weitverbreitet in Sümpfen, Teichen und Seen. In größern Tiefen ist sie gewöhnlich vertreten durch die *var teres,* die ich eigentümlicherweise im Hallwilersee nie fand, während ich sie im Baldeggersee aus 12 m und 58 m Tiefe heraufholte. Die Stammform ist im Hallwilersee vertreten in Tiefen von 6–48 m in ganz verschiedenen Größen (55,93, sogar 172 μ).

3. *Phryganella nidulus* Pen. *„Flache Sümpfe und die Tiefen großer Seen scheinen der Art zuzusagen,"* sagt Zschokke. Hier lebt sie vereinzelt in schönen Formen von 190–240 μ in 2–46 m Tiefe.

δ) VEREINZELT AUFTRETENDE FORMEN.

1. *Difflugia piriformis var bryophila* Pen. bezeichnet der Autor als charakteristische Moosform. In Seen wurde sie bis jetzt nicht gefunden. Heinis entnahm sie als typischen Bewohner dem Moos des Schwarzwaldes, des Jura und der Alpen; Kleiber erkannte sie im Hochmoor und Bornhauser holte sie aus den Quellen der Umgebung Basels. Im Hallwilersee traf ich sie an einer Stelle in 20 m Tiefe. In der Nähe des Wageinflusses sind vereinzelte deutliche Uebergänge der Varietät in die Stammform erkennbar.

2. *D. piriformis var lacustris* Pen. Ihr Vorkommen in Seetiefen, Gletscherseen, kalten Quellen und Hochmooren berechtigen Zschokke, sie in die Liste der „Glacialrelikte" aufzunehmen. Auch meine Funde aus 33 m Tiefe (einmal bei 14 m) stimmen hiemit überein.

3. *D. urceolata var olla* Pen. Diese sehr seltene Form notiert Penard aus Fängen in Sümpfen. Für Seen ist sie neu. Ich fand sie nur einmal litoral.

4. *D. histrio* Pen. Leider wurde ich erst spät auf diese Form aufmerksam gemacht durch Penards „Sarcodinées de quelques lacs." Deshalb möchte ich es noch dahingestellt sein lassen, ob sie nur sporadisch im See auftritt, da die frühern Schlammproben nicht mehr darauf hin untersucht werden konnten. Bis jetzt wurde sie im Genfersee, Neuenburgersee, lac d'Annecy und lac du Bourget festgestellt als Tiefenart. Auch im Hallwilersee erbeutete ich sie in 20–30 m Tiefe.

5. *D. pulex* Pen. Als Fundorte sind bis jetzt verzeichnet: Lac de Bourget, Heinis: seltene Moorform. Ich erwähne sie nur mit allem Vorbehalt aus einer Tiefe von 42 m.

6. *D. amphora* Leidy, sonst in Seichtgewässern und an Seeufern, steigt auch in verschiedene Seetiefen hinunter. In meinen Fängen zeigte sie sich einmal in einer typischen Form von 242 μ aus 6 m Tiefe.

7. *D. gramen var achlora* Pen. ist wie ihre Stammform neu für Seen. Allerdings konnte ich sie nur an einer Stelle litoral entnehmen.

8. *D. lobostoma* Leidy. Zschokke und Penard bezeichnen ihr Vorkommen als sehr häufig sowohl in Seetiefen als Kleingewässern. Bornhauser fand sie auch in Quellen, Kleiber in Mooren. Ich verweise hier nochmals auf meine Bemerkungen zu *D. globulosa*. Im Hallwilersee steigt die *D. lobostoma* tiefer hinunter, als vorige, von 6–20 m, ist aber viel seltener.

9. *D. lemani* Blanc = *D. viscidula* scheint nach ihren bisherigen Fundorten zu den echt lacustrischen Formen zu gehören. Im Hallwilersee beschränkt sich ihr Vorkommen auf 12–14 m Tiefe.

10. *D. lithoplites* Pen. Nach einer brieflichen Mitteilung von Penard hat er die Form seit 1901, da er sie in einem kleinen Tümpel sammelte, nicht mehr gefunden. So mag das sporadische Auftreten derselben im Litoral des Hallwilersees gewisses Interesse beanspruchen.

11. *D. corona* Wallich ist bekannt als weitverbreiteter Kosmopolit, bleibt im Hallwilersee in der obern Uferzone, wie er auch sonst hauptsächlich in dieser und in Seichtgewässern lebt.

12. *D. lucida* Penard nennt Heinis eine weitverbreitete, häufige Moosform. In der schweizerischen Seenliteratur fand ich sie bloß von Thiébaud (42) verzeichnet in der Faunenliste des lac de Saint-Blaise. Penard erklärt sie als charakteristisch für Sphagnum und Moose. Im Hallwilersee entdeckte ich sie, äußerst selten, litoral.

13. *Campascus minutus* Pen. hat nicht die gleiche Verbreitung im Hallwilersee, wie der nahe verwandte und in andern Seen häufig mit ihm auftretende *C. triqueter*. Ich konnte ersteren nur ein einziges Mal erbeuten in 30–48 m Tiefe.

14. *Cyphoderia ampulla* Ehrbg. und ihre Tiefenvarietät.

15. *C. ampulla var major* Pen. sind sonst sehr bekannte Erscheinungen in Seetiefen, erstere auch in Kleingewässern. Im Hallwilersee gehören sie zu den Seltenheiten. Als parallele Erscheinung dazu seien Zschokkes Befunde aus dem Alpnacher- und Flüelerbecken genannt, wo er letztere Form gar nicht fand, trotzdem sie im übrigen Vierwaldstättersee als gemein bezeichnet wird.

16. *Pareuglypha reticulata* Pen. nannte ich zum ersten Male als Tiefenbewohner eines Sees. Merkwürdigerweise erging es mir wie Penard: Ich traf die Form ein einziges Mal in einer sehr charakteristischen Gestalt von 145 μ bei 42 m Tiefe (Fig. 4), Penard auch bloß 1900 in einem Weiher. Seither scheint sie nie mehr gefunden worden zu sein, bis sie Penard nach brieflicher Mitteilung neulich in einigen Exemplaren bei Pinchat wieder entdeckte. Ich sah sie seit 1907 nie mehr in meinen Fängen.

17. *Quadrula irregularis* Archer *var globulosa* Pen. Von dieser sonst echt lacustrischen Varietät kann ich dasselbe Schicksal melden, wie von der vorigen Art. Seit zwei Funden 1907 im untern See (30–50 m Tiefe) ist sie für mich verschollen.

18. *Nebela crenulata* Pen. ist mit allen ihren Stammesgenossen äußerst selten im Hallwilersee. Sie ist bis jetzt aus wenigen Seen bekannt (Vierwaldstättersee, Murtensee?, lac de Saint-Blaise), mehr aus Torfgewässern (Heinis).

19. *N. minor* Pen. zählt Bornhauser aus der Quellenfauna auf. Für Seen ist sie bis jetzt neu.

20. *N. collaris* Leidy und

21. *N. americana* Taranek zeigen nach Penard soviele Uebergänge, daß letztere vom genannten Autor nicht als selbständige Art betrachtet wird. Kleiber fand sie im Moor, aus Seen kenne ich sonst keinen Fundort.

22. *N. vitraea* Pen. Zu den Fundorten, die Zschokke erwähnt, sei noch als interessant das Vorkommen in Quellen (Bornhauser) zugefügt. Sie scheint im Hallwilersee etwas weniger selten zu sein, als die übrigen.

23. *Arcella vulgaris* Ehrbg., ein weitverbreiteter Kosmopolit, bleibt im Hallwilersee sehr selten, in Tiefen von 30–48 m.

24. *A. stellaris* Perty aus 4 m Tiefe und

25. *A. hemisphaerica* Perty aus 46 m Tiefe finden hier die erste Erwähnung in der Seenfauna.

Typisch für den Hallwilersee ist das äußerst spärliche Auftreten der *Amœben*. Zwei einzige Formen.

26. *Amœba proteus* Roesel und

27. *A. beryllifera* Pen. waren einmal in zwei Fängen aus maximalen Tiefen enthalten. Wahrscheinlich haben wir es mit zwei ganz zufällig verirrten Individuen zu tun.

28. *Centropyxis laevigata* Pen., eine weitverbreitete Sphagnumform, fand Zschokke in etwas abweichender Form im Vierwaldstättersee und Bornhauser in Quellen. Auch die von mir im Hallwilersee gefundene Art ist bedeutend größer, als die von Penard beschriebene (230 μ statt 120–135 μ). Sie stammt aus 22 m Tiefe.

29. *Rhynchogromia saxicola* Penard beschreibt der Autor aus dem Genfersee, 20–40 m Tiefe. Ein Fang aus 8 m Tiefe des Hallwilersees enthielt einige sehr schöne, über 400 μ lange Exemplare.

30. *Rhynchogromia squamosa* Pen. Zschokke erwähnt verschiedene Seen als deren Heimat. Ich fand sie auch in 22 m Tiefe des Hallwilersees.

31. *Diplogromia Brunneri* Blanc, auch eine bekannte Tiefenform verschiedener Seen, bewohnt als seltene Form das Einflußgebiet der Wag bei ca. 14 m Tiefe.

32. *Gromia nigricans* Penard, bis jetzt neu für Seen, ist sonst Sumpfbewohner. Aus dem Hallwilersee erbeutete ich sie einmal in 22 m Tiefe.

33. *Sphenoderia lenta* Schlumberger wird von Zschokke als typische Seichtwasserart angesprochen. Mein Fund aus 5–10 cm tiefem Uferwasser deckt sich mit den bisher bekannten Wohnorten. Interessant ist, daß sonst alle Wurzelfüßer diesen grobkörnigen Sand meiden.

34. *Lequereusia modesta* Rhumbler, ein Seeufer- und Flachgewässerbewohner, lebt auch hier im Litoral.

35. *Pamphagus arcuatus* Penard, hat letzterer in der Tiefe des Genfersees festgestellt. Er bezeichnet sie selbst als unsicher umschriebene Art. Auch mein vereinzelter Fund aus dem obern Litoral ist zu unsicher, um einen Schluß ziehen zu können.

Zusammenstellung der Rhizopoden.

Obige Einteilung gibt uns folgendes Bild:

α) Litorale Formen	16	= 26,2 %
β) Profunde Formen	7	= 11,5 %
γ) Im ganzen See verbreitet	3	= 5,0 %
δ) Vereinzelt	35	= 57,3 %
Total	61	=100 %

(mit Cyphod. spez. 62)

Die allgemeine Tiefenverteilungsliste weist folgende Zahlen auf:

0–10 m	26 = 42,0 %	der Gesamtzahl von 62
10–20 m	34 = 54,8 %	
20–30 m	11 = 17,7 %	
30–40 m	16 = 25,8 %	
40–48 m	23 = 37,0 %	

Aus obiger numerischen Zusammenfassung lassen sich etliche Schlüsse ziehen:

Schon die große Zahl von 57 % vereinzelter Arten weist auf eine quantitativ arme Wurzelfüßergesellschaft hin. Dazu sei noch bemerkt, daß auch die in der Liste als „häufig" bezeichneten Formen nicht annähernd an die Zahlen heranreichen, wie sie etwa von Forel oder Penard aus dem Genfersee erwähnt sind. Oefters mußten etwa ein Dutzend Proben aus einem Fang auf dem Objektträger untersucht werden, um solche „häufige" Tiere zu entdecken. Als

Charakteristikum der Rhizopodenfauna des Sees kann also gesagt werden: quantitativ sehr arm, qualitativ sehr reich.

Im ganzen See, von 1–48 m Tiefe, verbreitet sind bloß 3 Arten. Dieses Resultat erhärtet meine obige Behauptung, daß die Rhizopoden nicht gemeinhin als äußerst anpassungsfähige Ubiquisten angesprochen werden können, sondern daß sie meist sehr konservativ scharfe Grenzen innehalten. Am ausgesprochensten tritt die 20 m Grenze hervor.

Die profunden Arten beschränken sich auf die Zahl 7. Im Vergleich zu der Gesamtzahl 62 ist diese Zahl eine sehr niedrige. Sie wird allerdings bedeutend erhöht, wenn die von oben erwähnten Autoren als rein lakustrisch bezeichneten Formen aus meinem vereinzelten und litoralen Material herausgezogen werden.

Die allgemeine Tiefenverbreitungsliste zeigt die rein qualitative Verbreitung an, ohne Rücksicht auf die Häufigkeit. Das qualitativ und auch quantitativ üppigste, bunteste Bild entfaltet sich in 10 bis 20 Meter Tiefe. Ich möchte hier Penards (30) Behauptung, daß mittlere Seetiefen reicher sind, als größere, unterstreichen. Wir dürfen uns durch die Zahl 23 aus größter Tiefe nicht täuschen lassen, da wie oben bereits gemeldet nur 7 davon einigermaßen verbreitet oder häufig sind.

Eigentümlich ist die Erscheinung des plötzlichen Sinkens der Frequenz von 10–20 m auf 20–30 m. Die Erklärung läßt sich darin suchen, daß die große Menge der litoralen ubiquistischen Rhizopoden bis zu 30 m Tiefe ihre Existenzbedingungen reichlich erfüllt finden. Bei der geringen Transparenz und dem Mangel an organischer Nahrung in tiefern Zonen halten sie alle in der Tiefenwanderung hier inne. Für die echt profunden Formen aber sind die Bedingungen zwischen 20 und 30 Meter noch zu ungünstige. Die Ruhe der großen Tiefen fehlt; hierdurch ziehen noch die eigentümlichen Uferströmungen, die die Anwohner mit „Rünnen" bezeichnen; hier sinken die feinen Sedimente der einfließenden Bäche zu Boden. So nimmt die Artenzahl erst gegen die ruhigeren Tiefen zu.

Noch ein anderer Grund mag die Zahlen beeinflussen. Eine große Zahl der erwähnten Arten ist nur durch leere Gehäuse vertreten. Eine ähnliche Erscheinung erwähnt Forel aus der Tiefe des Genfersees, wo er, später auch Blanc und Penard, schöne große *Difflugien*-Gehäuse (Penard hat sie als *D. lebes* erkannt) in so beträchtlichen Mengen im Schlamme vorfand, daß er diesen mit *"vase*

à Difflugies" bezeichnete. Penard glaubt diese Eigentümlichkeit der Ruhe großer Tiefen zuschreiben zu dürfen, in der sich leere Gehäuse viel länger halten, als litoral. Ich bin der gleichen Ansicht und schreibe auch diesem Grunde die größere Artenzahl der Tiefe zu.

In seinem Werk *"Sarcodinés des grands lacs"* stellt Penard 48 Arten als speziell lacustrisch auf; davon erwähnt er als besonders charakteristisch (*Heliozoen* inbegriffen) 26, halbcharakteristisch 14, Varietäten von Formen der Ebene 8. Zschokke nennt in seiner „Tiefseefauna" 43 lacustrische (ohne unbeschalte *Amœben* und *Heliozoen*), wovon 13 auch als Bewohner kleiner Hochgebirgsgewässer, kalter Quelltümpel und tieftemperierter Bäche bekannt sind. Vergleiche ich meine Liste mit diesen Zusammenstellungen, so sind aus der Reihe meiner profunden Tiere als bis jetzt nicht als echt lacustrisch befundene zu streichen: *D. gramen, D. limnetica, D. fallax* und *Pelomyxa palustris.* Es bleiben somit noch

1. *Difflugia hydrostatica*
2. *Campascus triqueter*
3. *Pseudodifflugia Archeri.*

Dazu kommen aber noch aus der Liste der im Litoral auftretenden Formen:

4. *Difflugia piriformis var claviformis*
5. *D. lebes*
6. *D. acuminata var inflata*
7. *Pontigulasia bigibbosa*

und aus der Reihe der vereinzelt gefundenen:

8. *Difflugia piriformis var lacustris*
9. *D. histrio*
10. *D. lemani*
11. *Campascus minutus*
12. *Cyphoderia ampulla*
13. *C. ampulla var major*
14. *Quadrula irregularis var globulosa*
15. *Nebela vitraea*
16. *Pamphagus arcuatus*
17. *Rhynchogromia saxicola*
18. *Rh. squamosa*
19. *Diplogromia Brunneri.*

Diese staatliche Anzahl, von denen heute nur 3 noch häufigere Tiefenbewohner geblieben sind, spricht dafür, daß der See einst

Rhizopoden.

Fig 1.

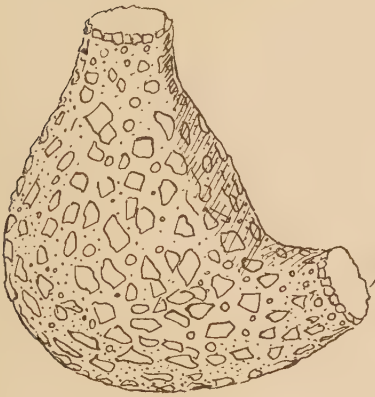


Fig 2a

Fig 2b

Fig 3

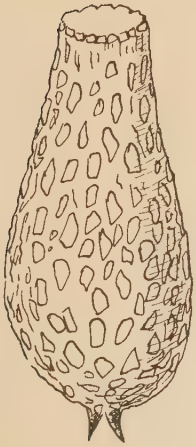


Fig 4

eine blühende, postglacial als Trümmer der eiszeitlichen Mischfauna eingewanderte Rhizopodenfauna beherbergte, die heute zum größten Teil im Aussterben begriffen ist.

Als neu für die Seenfauna seien hier noch besonders hervorgehoben:

1. *Difflugia piriformis var bryophila*
2. *D. piriformis var venusta*
3. *D. gramen*
4. *D. gramen var achlora*
5. *D. limnetica*
6. *D. urceolata var olla*
7. *D. lithoplites*
8. *Centropyxis aculeata var discoides*
9. *C. arcelloides*
10. *Pareuglypha reticulata*
11. *Nebela minor*
12. *N. collaris*
13. *Arcella stellaris*
14. *A. hemisphaerica*
15. *Gromia nigricans.*

In dieser Liste haben wir neuerdings den Beweis dafür, daß die Rhizopodenforschung für unsere Seen noch nicht abgeschlossen ist. Hauptsächlich wichtig für diese Fauna wäre eine genauere Kenntnis der Existenzbedingungen derselben. Aehnliche Untersuchungen, wie sie Sven Ekman (10) über die Bodenfauna des Vättern ausgeführt hat — leider ohne die Rhizopoden zu berücksichtigen — sind auch da unerläßlich.

b) Heliozoen.

Die Ausbeute an solchen war äußerst spärlich. Ich bestimmte aus meinen Fängen:

Hedriocystis reticulata Pen. aus 1,5 m Tiefe,
Clathrulinea elegans aus 5–20 m Tiefe.

Beides sind hier erratisch auftretende Tümpelformen, die wahrscheinlich vom Moor her eingewandert sind. Letztere scheint im See etwas fester eingebürgert zu sein.

c) Bryozoen.

In meinen Schlammfängen suchte ich vergebens nach der sonst nicht seltenen, kosmopolitischen *Fredericella sultana* und deren Tiefen-

varietät *F. duplessisi.* Einzig in ca. 1 m Tiefe der Litoralregion findet sich, doch selten, erstere Art. Als parallele Erscheinung dazu mag das Fehlen beider Formen im Alpnacherbecken erwähnt werden. Nicht selten fallen im Litoral dagegen Statoplasten von *Cristatella mucedo* auf bis zu 4 m Tiefe.

d) Coelenteraten.

Die von Zschokke und Weltner gemachten Beobachtungen, daß sich die Hydrozoen nur in ganz bestimmten, engumschriebenen Bezirken eines Sees festsetzen, kann ich hier bestätigen. Ich fand die *Hydra vulgaris* sehr häufig in blassen Exemplaren bei 8 m Tiefe in der Bucht nördlich Birrwil, sonst nirgends im See.

e) Rotatorien.

Rotifer vulgaris steigt nach Voigt (45) in die Tiefe des großen Plönsees, nach Fehlmann (11) in die Tiefe des Luganersees; F. Baumann meldet die Art aus den hochgelegenen Stockhornseen, G. Steiner aus den Seen der Faulhornkette; Ternetz, Heinis und Kleiber erkannten die Art als Bestandteile der Moosfauna. Nach meinen Untersuchungen bewohnt sie als allgemein verbreitete Art den Baldeggersee, während ich sie im Hallwilersee nur in mittleren Tiefen in nicht großer Zahl erbeutete.

Anurea cochlearis bleibt rein litoral in ca. 5 m Tiefe; sie ist als häufige Planktonform in die Tiefe gesunken.

f) Tricladen.

Während *Dendrocoelum lacteum* in den meisten bekannten Seen vom Ufer bis in die größten Tiefen verbreitet vorkommt, habe ich ihn im Hallwilersee nicht ein einziges Mal aus der Tiefe geholt. Im seichten Uferwasser aber kriecht er in Mengen an der Unterseite herum, wo ich auch anfangs Mai die Eicocons in großer Zahl ablesen konnte. Eine Bevölkerung größerer Tiefen vom Litoral aus läge hier sehr nahe.

Wiederum verweise ich auf den Alpnachersee, wo der Tiefe die Tricoladen ebenfalls völlig fehlen; v. Hofsten (19) zählte aus dem Thuner- und Brienzersee je nur 1 Stück.

g) Hirudineen.

Als Begleiter von Dendrocoelum lacteum unter dem Ufergeröll erfreut sich die *Glossosiphonia complanata* einer großen Verbreitung. In die Tiefe versprengte Tiere fanden sich keine.

h) Oligochaeten.

Während in den meisten untersuchten Seen die Borstenwürmer dichte Rasen bis in größte Tiefen bilden, zeigen sie im Hallwilersee ein eigentümliches Verhalten. Im untern Seeteil ist, besonders in der Tiefenzone, ihre Bevölkerungsdichte eine verhältnismäßig ganz respektable. Gegen den obern See zu lichten sich die Reihen beträchtlich und im obern Drittel sind die Würmer beinahe verschwunden. Nur selten bringt ein Dredgenzug noch einen der roten Tubificiden ans Licht, eher noch aus dem Litoral, als aus der Tiefe.

Herr Dr. Bretscher bestimmte aus meinen Fängen folgende Arten:

1. *Tubifex tubifex* als weitaus häufigste Form des untern Sees. In Tiefen von 35–45 m liegt der Hauptverbreitungsbezirk. Der Wurm ist sonst als gemeiner Ubiquist in den weitesten Grenzen bekannt.

2. *Tubifex ferox* hält im ganzen dieselben Grenzen inne, wie obige Art. Nur scheint er etwas seltener zu sein.

3. *Tubifex heuscheri* und

4. *Psammoryctes barbatus* sind seltene Gäste des Litorals. In der Tiefe konnte ich sie nie beobachten.

5. *Limnodrilus* spez. war in einem Fang aus 40 m Tiefe enthalten.

Die geringe Artenzahl sowohl, wie der fast gänzliche Mangel der Würmer im obern See ist im Vergleich zu den großen Bevölkerungsziffern in Qualität und Quantität anderer Seen eine der überraschendsten Erscheinungen des Hallwilersees, besonders auch in Anbetracht der außerordentlichen Zähigkeit und Regenerationsfähigkeit der Tiere, wie ich sie an keinem andern Schlammbewohner mehr feststellen konnte.

i) Naididen.

Paranais uncinata ist als ziemlich häufiger Bewohner der Ufer- und auch der Tiefenregion bekannt. Ich fing die Art in 10 m Tiefe. Ein Exemplar enthielt in der Körperhöhle die Larve des parasitischen

Cestoden *Caryophyllaeus mutabilis.* Erwachsen schmarotzt dieser im Darm karpfenartiger Fische.

Ueberall gemein im Litoral ist die *Stylaria lacustris,* besonders in ganz seichten Tiefen; in der Tiefe aber traf ich sie nie.

Selbstverständlich fehlt auch *Nais elinguis* in der Uferzone nicht.

k) Nemadoden.

Dorylaimus stagnalis steigt von den Ufern, wo er nicht selten ist, bis in Tiefen von 46 m hinunter.

Bei den Fischern unter dem Namen „Wasserkalb" bekannt, ist der Schmarotzer *Gordius aquaticus* im Litoral.

l) Bivalven.

Die Frage der Herkunft der Tiefenmollusken ist von Clessin, Forel und Zschokke aufgegriffen und abweichend von einander beantwortet worden. Es seien auch noch die kritischen Betrachtungen von Hofstens (19) zu Zschokkes Ansichten erwähnt. Zschokke widmet den „Kümmerformen" der Tiefseemollusken in seiner „Tiefseefauna" ein eigenes Kapitel, worin er die Hypothese aufstellt, daß die von Clessin und Forel als verkümmerte Litoralformen angesprochenen Tiefseemollusken wenigstens zum Teil als Trümmer einer Eiszeitfauna erklärt werden dürfen. Allerdings tut er dies nur mit allem Vorbehalt und betont ausdrücklich, daß spätere ausgedehntere Forschungen auf diesem Gebiet entscheiden werden, welcher Theorie der Vorzug gebühre oder ob beide nebeneinander bestehen können. So nimmt er vorsichtshalber nur *Pisidium foreli* in die Liste der stenothermen Tiefentiere auf.

Meine eigenen Funde sind zu gering, um irgend eine definitive Stellung einnehmen zu dürfen. Im obern See traf ich nicht ein einziges Exemplar von Pisidium. Im untern See brachte ein Fang aus 40 m Tiefe eine große Anzahl herauf. Im Litoral fand ich im ganzen See nie ein Stück oder eine Spur, hingegen in Tiefen über 40 m noch weitere Formen. Alle gehören der Art *P. fossarinum* an. Auffallend ist ihre zum Teil bedeutende Größe (3–5 $^{m}/_{m}$). Auch die Jahresstreifung fehlt nicht. Einige zeichnen sich durch eine äußerst durchscheinende Schale aus, andere Schalen zeigen hornbraune Farbe, zum Teil mit rostbraunem Ueberzug oder mit Schlamm bedeckt. Aehnliche Beobachtungen machten Clessin und Surbeck an Muscheln aus dem Langensee und Vierwaldstättersee und erklärten die

Erscheinung als Folge von unterseeischen Strömungen. Auch Bollinger, der mir die Pisidien bestimmte, glaubte es mit Strömungsvorgängen zu tun zu haben. Es liegt nahe, daran zu denken, daß die früher erwähnten Uferströmungen sich bis in diese Tiefen geltend machen und Nahrung zuführen, besonders gegen den untern Seeteil hin. So ließe sich auch das Vorhandensein anderer im obern See fehlenden oder sehr seltenen Arten erklären.

Sehr interessant ist das Vorkommen von *Pisidium fossarinum* als reine Tiefenform. Es dürfte diese Tatsache für die Ansicht Zschokkes sprechen, daß die Tiefenpisidien nicht sekundär aus Litoralformen sich entwickelt haben, sondern daß sie direkte Nachkommen glacialer Tiere sind. Es müßten sonst im Litoral gewiß die Stammformen auffindbar sein, besonders hier im Hallwilersee, wo diese Zone an Nahrung bedeutend reicher ist. Jedenfalls dürfen wir die Bezeichnung „Kümmerformen" hier nicht anwenden.

Als typische Ufermuscheln durchfurchen große Mengen von *Anodonta mutabilis* in sehr variabeln Formen die Litoralzone; die meisten derselben repräsentieren die *var cellensis* Schroeter. Die meisten jungen Tiere fand ich bei ca. 2 m Tiefe. Von der Muschel gemieden wird das Einflußgebiet des Wagbaches.

m) Gasteropoden.

Die abyssalen Schnecken fehlen vollständig; ebenso verirren sich nie litorale Tiere in die Tiefe, trotzdem aus ihrer weiten Verbreitung im Ufergürtel dies zu erwarten wäre. Keine andere Tiergesellschaft scheint so streng an Grenzen gebunden zu sein, wie diese. In einer Tiefe von ca. 9 m umkränzt ein ununterbrochenes Band von Schneckenschalenschlamm den ganzen See. Nie fand ich außerhalb dieser Zone mehr ein lebendes Tier, höchstens noch vereinzelte leere Gehäuse bis zu ca. 17 m Tiefe. Dieser eigentümliche Schalenschlammgürtel mag auch wieder als Beweisstück für starke Strömungen im Uferwasser dienen. Daß auch das plötzliche Abfallen von 9 m auf 12 m Tiefe im Zusammenhang steht damit, ist als sehr wahrscheinlich anzunehmen.

Weniger scharfe Grenzen sind den Schnecken uferwärts gezogen. Immerhin kamen mir in seichterm Wasser, von 1,5 m an aufwärts, nie mehr lebende Exemplare zu Gesicht, wohl aber wieder leere, zerschlagene Gehäuse. Hier ist es die Brandung, die den Zutritt zum Ufer verwehrt. Das Optimum der Existenzbedingungen scheint in ca. 7 m Tiefe zu liegen.

Die genannten Grenzen gelten für *Bythinia tentaculata, Valvata piscinalis, V. piscinalis var antiqua, V. cristata.* In den Verlandungszonen und bei Bachmündungen erscheinen dazu neue Formen, die als Einwanderer aus den Bächen zu betrachten sind; sie sind nicht als eingebürgert anzusprechen. Es wären dies *Pupa antivertigo, Limnaea glabra, Physa fontinalis.* An größeren Steinen, besonders in der Nähe von Bacheinflüssen, saugen sich die vorzüglich gegen die Brandung geschützten *Planorbis nitidus* und *Ancylus capuloides* fest.

n) Cyclopiden.

Aus dem wenig zahlreichen Material, das dem untern Seeteil entstammte, bestimmte ich aus einer Probe von 45 m Tiefe einige Jugendformen von *Cyclops viridis.* Zschokke zählt diesen zu den häufigsten bis in die Tiefenregionen der Seen verbreiteten Kosmopoliten, der selbst in der Tiefe des faunenarmen Alpnacherbeckens nicht fehlt.

Der obere Seeteil lieferte mir außer einigen vereinzelten *Cyclops strenuus*, den Brutschy im Plankton häufig fing, keine Cyclopiden. Aus 8 m Tiefe erbeutete ich den ebenfalls cosmopolitisch verbreiteten *Cyclops albidus.*

Cladoceren und *Harpacticiden* scheinen in der sehr profunden Zone nicht vertreten zu sein. Wenige litorale Formen, die ich nicht näher bestimmte, bewohnen das untere See-Ende.

c) Amphipoden.

Der sehr häufige Bewohner stehender und fließender Gewässer, *Gammarus pulex,* gehört im Hallwilersee zu den seltensten Erscheinungen. Bei Moosen, wo ich ihn aus 13 m Tiefe heraufzog, scheint er durch den Wagbach eingeschwemmt worden zu sein.

Noch fraglicher, als die Einbürgerung dieses Krebses, muß diejenige des charakteristischen, weit verbreiteten Tiefentieres *Niphargus puteanus* bezeichnet werden. Wohl erhielt ich aus einem Fang aus 46 m Tiefe Reste desselben, nie aber ein lebendes Exemplar. Ich verweise auch an dieser Stelle wieder auf die gleiche Erscheinung im Alpnachersee. Doch mögen die Funde solcher Ueberreste auf früheres Vorkommen hindeuten.

p) Ostracoden.

Nähere Bestimmungen habe ich keine vorgenommen. Auch in Bezug auf diese Klasse herrscht ein ausgesprochener Kontrast zwischen oberm und unterstem Seeabschnitt. In letzterm wandern die Muschelkrebschen von 1–2 m Tiefe bis in die größern Tiefen hinunter, während sie im obern Teil litoral selten, profund von mir nie zu finden waren. Im untern See traf ich sie in maximaler Zahl zwischen 4 und 8 m Tiefe. Die Phragmiteswälder bewohnen sie bis zu 1 m Tiefe. In seichtere Zonen verirren sie sich selten. Wo es geschieht, sind die Schalen leer oder von der Brandung zerschlagen.

q) Hydracarinen.

Die Bestimmungen übernahm in verdankenswerter Weise Herr Dr. Walter, Basel. Im Vergleich zur Wassermilbenfauna anderer subalpiner Seen ist diese in unserm See arten- und individuenarm zu nennen. Der obere See lieferte mir gar kein Material. Im untern Teil scheint diese Fauna lokalisiert zu sein. Selbst der unten häufige Uferbewohner *Hydrachna globosa* ist oben äußerst selten. Sven Ekman (10) führt das Meiden des Uferwassers zurück auf die Empfindlichkeit der Wassermilben gegen Wasserbewegungen, Nahrungsmangel und hauptsächlich Temperaturverhältnisse. Meine Befunde bestätigen hauptsächlich den Einfluß des Nahrungsmangels auf das Vorkommen. Wo auf dem Seeboden pflanzlicher Detritus angehäuft ist, sammeln sich diese Tiere an. So erklärt sich auch das Fehlen derselben im obern See und das lokale häufige Auftreten im untern See. Besonders eine Stelle von 15 m Tiefe vor dem Ausfluß der Aa erwies sich als dicht bevölkert. Daß sie auch die Wasserbewegung der Brandungszone meiden, zeigt sich ganz deutlich daran, daß die im See erbeuteten Formen sonst Tümpel- und Seichtwasserbewohner sind, hier aber nie weit über 10 m Tiefe emporsteigen, außer der oben erwähnten *Hydrachna globosa,* die nur in der Phragmiteszone auftritt.

Die erbeuteten Arten: *Limnesia maculata, Piona nodata, Hygrobates nigromaculatus, Tiphys cetratus, Atax crassipes* und *Hydrachna globosa* sind alles weitbekannte Flachwasserbewohner, die selten in andern Seen die Tiefengrenze nach unten überschreiten. Als Eigentümlichkeit erwähne ich die grauweiße durchscheinende Körperhaut der sonst rotgefärbten *Limnesia maculata.* Walter sieht diese Erscheinung als Anpassung an die Detritusfärbung an.

Eine nicht näher bestimmte *Forelia* fand sich im Litoral des obern Sees.

Zschokke zählt in der Faunenliste des Vierwaldstättersees 16 Hydrachniden auf, von welchen 15 die untern Seeteile bewohnen, während aus dem Alpnacherbecken keine Art verzeichnet ist, aus dem Urnersee eine. Diese Verteilung entspricht der Verteilung in unserm See: Maximum des Vorkommens im untern, ruhigen und nahrungsreichen Seeteil, Fehlen im Einflußgebiet und im Gebiet der Auffüllung des Seebeckens.

r) Chironomiden.

Alle die bisherigen Untersuchungen von Seen zeigen übereinstimmend, daß die Chironomidenlarven sich der größten vertikalen und horizontalen Verbreitung erfreuen. Zschokke behauptet, daß kaum ein Fang aus der Tiefe subalpiner Seen emporsteige ohne zahlreiche Chironomidenlarven. Auch die Spezialforschungen Zebrowskas (49) über diese Fauna im Genfersee ergeben keine Unterschiede in der horizontalen Verbreitung derselben.

Umso eigentümlicher berührt hier im Hallwilersee die Erscheinung, daß wieder der obere See von der Tiefe bis ins Litoral äußerst arm ist an Chironomidenlarven, während diese im untern See in jedem Fang zum Teil massenhaft vertreten waren. Ich kann keinen andern Grund dafür finden, als den Nahrungsmangel im obern Seeteil.

Näher bestimmt habe ich bloß zwei Chironomidenarten (nach Johannsen): *Ch. fulviventris* Joh. und *Ch. decorus* Joh., Typen, die sich in die Gruppe Chironomus C nach Zebrowska einreihen lassen. Eine der *Ch. decorus*-Larven erreichte die beträchtliche Länge von 23 Millimeter.

s) Trichoptern.

Die gefundenen Formen gehören alle der rein litoralen Fauna an. Keine der Larven ging tiefer als 10 m. Die weitverbreitetsten Spezies sind *Limnophilus flavicornis, L. decipiens, Agraylea multipunctata* und *Mystacides nigra.* Die drei ersten kleben ihre Gehäuse an die Unterseite des Gerölls in der Brandungszone, die letztere stammt aus einer Tiefe von 6 m.

Interessant ist das Vorkommen von *Plectrocnemia geniculata,* die ich zweimal bei Bachmündungen herauszog. Bis jetzt ist die Larve nur aus Gebirgsbächen bekannt.

In Tiefen von 2–10 m des untern Seezipfels lebt die bis jetzt in der Schweiz noch nie gefundene Larve von *Molanna angustata* mit ihrem typischen blattförmigen Gehäuse. Das Imago war schon früher vom Hallwilersee her bekannt. G. Ulmer erwähnt als Fundorte der Larve hauptsächlich stehende Gewässer Norddeutschlands.

t) Neuroptern.

Als einzigen Vertreter erwähne ich die weitverbreitete *Sialis lutaria.* In die Tiefe verirrte Larven fand ich keine.

C. DER HALLWILERSEE,
ein geographisch und biologisch untergehender See

1. Die günstigen Faktoren für die Ausbildung einer abyssalen Fauna.

Die bisherigen Untersuchungen über die Tiefenfauna, hauptsächlich die klassischen, grundlegenden Arbeiten Forels und Zschokkes, kommen zu dem Schlusse, daß folgende Bedingungen für die Entwicklung einer reichen Tiefenfauna notwendig sind:

a) Beträchtlicher Druck, b) konstante tiefe Temperatur, c) Dunkelheit, d) Ruhe, e) gute Entwicklungsmöglichkeit für die Litoralfauna.

Wie verhält es sich mit diesen Forderungen in unserm See?

a) Der Druck der bis 47. Meter hohen Wassersäule genügt. Allerdings leitet Zacharias den Mangel einer typischen Tiefenfauna im großen Plönersee ab aus der zu geringen Tiefe desselben. Seitherige Erforschungen kleinerer seichterer Seebecken zeigten, daß dieser Grund kein stichhaltiger ist. Ich verweise nur auf die Fänge aus dem Küßnacher- und Hergiswilerbecken, die zum Teil aus noch geringern Tiefen eine Menge profunder, glacialstenothermer Tiere enthielten.

b) Die Temperatur. Die Konstanz der Tiefentemperatur ist eine vollkommen genügende. Die maximale Schwankung derselben während zweier Jahre (1915 und 1916) betrug 0,7° in 47 m Tiefe, 1° in 30 m Tiefe und zwar bei 47 m Tiefe zwischen 4° und 4,7°, bei 30 m Tiefe zwischen 4° und 5°. Amberg (1) fand im Vierwaldstättersee folgende Differenzen: Bei 100 m Tiefe 1,1°, bei 50 m Tiefe 2,1°, bei 30 m Tiefe 5°, und zwar lagen die Temperaturen bei 100 m zwischen 4,7° und 5,8°, bei 50 m zwischen 5,1° und 7,2°, und bei 30 m zwischen 5° und 10°. So hätten wir im Hallwilersee z. B. noch bei 20 m ungefähr dieselben Verhältnisse, wie bei 50 m im Vierwaldstättersee, Schwankungen von zirka 2,4°. Für stenotherme Glacialrelikte wären also im Hallwilersee die Temperaturverhältnisse in zwei Beziehungen günstiger, als im Vierwaldstättersee:

1. Die Temperaturschwankungen in der Tiefe des Hallwilersees sind bedeutend geringer, als die Schwankungen in gleichen Tiefen

des Vierwaldstättersees; sie bleiben geringer als diejenigen in den doppelten Tiefen des Vierwaldstättersees.

2. Die minimale Temperatur von 4° herrscht in den größten Tiefen des Sees während ca. 5 Monaten, während Amberg im Vierwaldstättersee als Minimum 4,7° bei 100 m feststellte, bei 200 m 4,8° bis 5,5°.

Wenn Zschokke diese Temperaturzustände im Vierwaldstättersee als ideale bezeichnet für stenotherm-kälteliebende Lebewesen, so können diejenigen im Hallwilersee als noch bessere hingestellt werden.

c) Lichtmangel. Aus unsern Messungen mit der Secchischeibe ergeben sich als minimale Lichtgrenze 3 m, als maximale Grenze 7,5 m. Nach den Untersuchungen im Genfersee und Berechnung von Arnet (3) verhält sich die Grenze des Lichteindringens (nach photographischem Verfahren gemessen) zur Sichtbarkeitsgrenze der weißen Scheibe, wie $6^2/_3 : 1$ im Winter und wie $8 : 1$ im Sommer. So liegt im Hallwilersee die absolute Grenze für eindringendes Licht im Sommer bei minimaler Transparenz in $8 \times 3 = 24$ m Tiefe, im Winter bei $6^2/_3 \times 7{,}5 = 50$ m Tiefe. In der Luzernerbucht des Vierwaldstättersees betragen die entsprechenden Grenztiefen 20 m und 110 m, für den Genfersee fanden Forel als Grenze der absoluten Dunkelheit 200 m, Fol und Sarasin (2) sogar 240 m. Die größten Tiefen des Hallwilersees sind inbezug auf durchdringendes Licht demnach ungefähr gleichgestellt, wie weit größere Tiefen der beiden andern genannten Seen. Wir müssen auch annehmen, daß minime Lichtmengen den Boden wenigstens zur Zeit der größten Transparenz noch erreichen, Mengen, die aber für die Entwicklung der Bewohner gewiß bedeutungslos sind. So dürfen auch die Lichtverhältnisse für eine abyssale Tierwelt als sehr günstige bezeichnet werden.

d) Ruhe. Nach Beobachtungen von Fischern, die durch andere Erscheinungen bestätigt werden, treten Seeströmungen im Hallwilersee auf, jedenfalls aber nur in der Grenzzone zwischen Litoral und Tiefe. Ob diese sich bis in die größten Tiefen geltend machen, konnte ich nicht feststellen.

e) Gutentwickelte Litoralzone. Für die verhältnismäßig geringe Breite des Sees ist die bewachsene Uferzone breit zu nennen. Wenig steinige, leere Brandungsstellen unterbrechen den Phragmites-, Binsen- und Seerosenbestand. Die Nahrungsverhältnisse und andere Bedingungen für gute Entwicklungsmöglichkeit einer reichen Litoral-

fauna sind vorhanden; es würde also auch nicht an Nachschubmöglichkeit für die Tiefenfauna fehlen.

Aus obigen Erörterungen ergibt sich, daß ganz genügende, zum Teil ideale Verhältnisse vorliegen, die eine Besiedelung der Tiefe sowohl durch eurytherme Kosmopoliten, als auch durch stenotherm-kälteliebende Glacialrelikte ermöglichen. Das Resultat unserer Forschungen ist aber ein völlig negatives. Ich greife zur Diskussion desselben nur die meist berücksichtigten typischen Gruppen heraus.

2. Diskussion der Faunenliste.

a) Rhizopoden.

Beim ersten Blick auf die Reichhaltigkeit meiner Wurzelfüßerliste wird man auf eine Dichte der Bevölkerung schließen, wie sie selten aus einem so kleinen Becken erwähnt ist. Diese Annahme stimmt aber durchaus nicht; es müssen noch folgende zum Teil früher schon erwähnte Punkte in Berücksichtigung gezogen werden:

1. Die Zahl der Individuen ist nur sehr gering und entspricht durchaus nicht der großen Artenzahl. Die Liste sagt uns, daß bloß 5 Arten verhältnismäßig häufig, 57 Arten aber sehr selten oder höchstens verbreitet auftreten.

2. Der weitaus größte Teil der Rhizopodengehäuse war leer. Infolge der widerstandsfähigen kieseligen oder chitinösen Beschaffenheit derselben dürfen wir annehmen, daß ihre Bewohner wahrscheinlich schon längst ausgestorben sind und sich bloß diese Reste der Nachwelt erhalten haben.

3. Meiner speziellen Vorliebe für die Wurzelfüßer mag es auch zuzuschreiben sein, daß ich mehr Formen entdeckte, als die Erforscher anderer Seen, die dieselben nur beiläufig mitgenommen haben. Ich bin überzeugt, daß auch andere noch kleinere subalpine Seen bei genauerer Durchsuchung eine ebenso reiche Artenliste aufweisen würden.

Der größte Teil der gefundenen Wurzelfüßer sind weitverbreitete eurytherme Kosmopoliten. Auch eine ganze Reihe von bisher nur aus Moosen, Bächen und Weihern bekannten Typen erscheinen hier neu als Seebewohner. Nicht unbeträchtlich ist aber die Zahl der rein stenothermen Tiefenbewohner, die von Zschokke als Glacialrelikte beansprucht werden. Die größte Zahl derselben wurde nicht, wie zu erwarten wäre, aus den größten Tiefen heraufgeholt, sondern mehr aus den obern Grenzen der Tiefenzone und dem Litoral.

Diese Tatsachen sprechen dafür, daß einst eine buntgewürfelte Gesellschaft von litoralen und profunden, eurythermen und stenotherm-glacialen Rhizopoden den Grund des Hallwilersees belebte, die heute beinahe ausgestorben ist. Am frühesten sind die großen Tiefen des obern Sees verödet, am längsten können sich noch Ueberreste erhalten im untern See, im Litoral und einigen kleinern Buchten.

b) Bryozoen.

Die überall aus den subalpinen Seen bekannte *Fredericella sultana* wuchert auch hier öfters an der Unterseite der größern Ufersteine. In den vielen Fängen aus der Tiefe des Sees fand ich sie nie, während sie doch regelmäßig im Schlamm anderer subalpiner Seen steckt; selbst in kleinern Seen, wie z. B. im Sempachersee, tritt sie häufig auf, während sie aber im Alpnacherbecken fehlt und im Brienzersee selten vorkommt.

c) Tricladen.

Dendrocoelum lacteum und der nach Zschokke so ungemein typische glaciale Bestandteil der Tiefenfauna subalpiner Wasserbecken, *Planaria alpina,* fehlen in der Tiefe des Hallwilersees. Merkwürdigerweise aber ist die Unterseite der größern Steine im Litoralgebiet gewöhnlich bedeckt von *Dendrocoelum lacteum,* sodaß die Tiefenvarietät *bathycola* erwartet werden dürfte.

Auch die *rhabdocoelen Turbellarien* zählen nicht zu den Bewohnern unseres Sees.

O. E. Imhof (21) erwähnt 1885 aus der Tiefe des Hallwilersees *Mesostoma (Rhynchostoma) rostratum* und ein unbestimmtes *Tricladen*-Spezies. Wir hätten also hier ein Zeugnis dafür, daß innert weniger Jahrzehnte Tiefenbewohner ausgestorben sind. Ich pflichte hier der Ansicht v. Hofstens bei, daß die typischen Tiefenformen weniger von Tiefe und Kälte abhängig sind, als von der Bodenbeschaffenheit. So bemerkt auch Ekman z. B. bei *Plagiostomum lemani* Duplessis und Forel eine gewisse Vorliebe für die an Chitinsediment reichsten Bodenarten. Da nun die Tiefenverhältnisse im Hallwilersee seit den Untersuchungen Imhofs kaum erheblich sich geändert haben, können nur Aenderungen in der Nahrungs- und Bodenbeschaffenheit das Verschwinden dieser Turbellarien verursacht haben.

d) Oligochaeten und Naididen.

Die aus andern Seen gemeldeten dichten Chaetopodenrasen fehlen dem Hallwilersee. Der Boden des untern Sees ist noch verhältnismäßig reich an solchen Würmern, während die Schlammproben aus dem obern See nur selten von vereinzelten Individuen bewohnt waren. K. Bretscher (6) macht die Bodenbeschaffenheit und die Nahrung verantwortlich für die Oligochaetenbevölkerung eines Sees. Jedenfalls spielt der Pflanzendetritus eine große Rolle.

e) Mollusken.

Vollständig fehlen dem See die Tiefenlymnaeen. Die größte Tiefe, die von den Schnecken überhaupt erreicht wird, ist 8–9 m. Von den Pisidien, die Zschokke für die Seenfauna aufzählt, lebt nur *P. fossarinum* in der Tiefe des untern Sees. Dem obern See wurde nie eine Schnecke oder eine Pisidie entnommen.

f) Cyclopiden und Harpacticiden.

Die *Cyclopiden* sind eng lokalisiert in der Nähe des Ausflusses der Aa, im obern See fehlen sie ganz. *Harpacticiden* habe ich im ganzen Seegebiet keine feststellen können.

g) Amphipoden.

Ein kümmerlicher Rest eines *Niphargus puteanus* dürfte auf die frühere Verbreitung dieses echten Tiefentieres hinweisen.

h) Ostracoden.

Geringe und mittlere Tiefen des untern Sees beherbergen ziemlich viele Muschelkrebse, im obern See sind sie äußerst selten zu finden.

i) Hydracarinen.

Eng begrenzte Bezirke des untern Sees lieferten eine große Zahl von eurythermen Kosmopoliten; der obere See enthält gar keine Wassermilben.

k) Chironomiden.

Auch hier tritt wieder die überall beobachtete Erscheinung auf: Im untern See bilden diese Mückenlarven einen ziemlich großen Bestandteil der Schlammfauna, im obern See sind sie äußerst selten.

Alle diese biologischen Erscheinungen lassen sich in zwei Sätzen zusammenfassen:

1. Die Tiefenfauna des Hallwilersees ist im Aussterben begriffen und zu einem großen Teil bereits verschwunden. Sie bestand einst sowohl aus eurytherm-kosmopolitischen, als auch aus typisch stenotherm-glacialen Komponenten.

2. Im obern See ist die Zerstörung der Fauna schon bedeutend weiter fortgeschritten, als im untern; sie macht sich dort bereits auch im Litoral geltend.

3. Die Ursachen des geologischen und biologischen Untergangs.

Wenn trotz der vorteilhaften physikalischen Verhältnisse im See die Fauna einem raschen Ende entgegengeht, so muß vorausgesetzt werden, daß äußerst ungünstige Faktoren jene günstigen Bedingungen aufwiegen und deren Wirkung aufheben. Wenn wir diesen der biologischen Entwicklung hemmend entgegentretenden Erscheinungen nachforschen, so treffen wir zuallererst auf einen zu dem Zerfall der Seefauna parallel gehenden Vorgang in der geologischen Natur des Sees, die rasche Auffüllung und Verlandung. Es liegt auf der Hand, daß ein solches geologisches Ereignis tief eingreift in das Schicksal der Lebewesen in dem betroffenen Medium, daß also, wie Zschokke es für den Vierwaldstättersee beweist, die Zusammensetzung und Verteilung der Tiefenfauna nicht bloß „von den monotonen Faktoren der Physik und Chemie“ abhängig sind.

a) Die geologische Vergangenheit des Sees.

Am deutlichsten prägt sich uns das Bild eines rasch zurückgehenden Sees ein, wenn wir die Geschichte unseres Hallwilersees verfolgen von der Glacialzeit her bis zum heutigen Tage. Es seien hier nochmals die wichtigsten Daten zusammengefaßt. Drei typische Stadien des Sees können wir scharf unterscheiden:

1. Nach dem Rückzug des Glescherarms staut sich das Wasser in dem ausgeschürften Becken zwischen der Stirnmoräne von Seon und der Wasserscheide Reuß-Seetal südlich Hochdorf zu einem langgestreckten See.

2. Der See wird durch das Auftauchen der Moräne Ermensee-Hitzkirch beim Sinken des Wasserspiegels in Baldeggersee und Hallwilersee getrennt. Die untere Grenze des Hallwilersees wird nicht mehr bei Seon, sondern bei der Moräne Boniswil-Seengen zu suchen sein.

3. Der Seearm Hochdorf-Moosen ist von den Schuttkegeln der von den Osthängen herunterfliessenden Bäche vollständig aufgefüllt worden. Der See nimmt seinen heutigen Platz ein.

Diese Geschichte zeichnet klar auch das weitere Schicksal des Sees vor.

b) Gegenwart und Zukunft des Sees.

Unsere Messungen bestätigen das, was die Geschichte des Sees prophezeit. Auch in jüngster Zeit werden beständig die Seetiefen nach und nach aufgefüllt im Gebiete des Bachdeltas am Ostufer des Sees. Große Bachschuttkegel dehnen sich im südlichen, obern Seeteil aus, so daß dort im Laufe von 35 Jahren verhältnismäßig starke, ausgedehnte Auffüllungen stattgefunden haben, die sich bereits gegen die größte Tiefe hin geltend machen. Die tiefen Schluchten des Tröleten- und Eggholzerbaches reden deutlich, was von dort in den See hinuntergetragen worden ist und was noch weiter hinuntergeschwemmt werden kann. Geht die Ablagerung von Geschiebe in dem Maße weiter, so dürften wenige Jahrhunderte genügen, um den obersten Seezipfel, ca. 1/4 der ganzen Seelänge, zu einem seichten Tümpel zu verwandeln, in dem die bereits begonnene Verlandung rasch weiterarbeiten kann. Indessen mögen die übrigen Bäche bis hinunter nach Tennwil ebenso tiefe Schluchten erodiert und das Material hinausgetragen haben in den See, so daß dort die gleichen Vorgänge sich wiederholen. Weniger werden dabei die Wasserläufe am Westhang mitwirken, da sie zu kurz und steil abfallend sind. Vom Nordende des Sees her kommt diesen Auffüllungen die Verlandung entgegen; in Form von schwingenden Rasen wächst das „Moos“ in den See hinaus. Doch geht dieser Vorgang sehr langsam vor sich.

c) Sedimentierung.

Mit dieser groben Auffüllung Hand in Hand geht eine feinere vor sich, die Sedimentierung feinster Schlammpartikelchen – eines stark kalkhaltigen Staubes. Der mit der Dredge heraufgeholte Schlamm zeigt eine deutliche Schichtung, oben eine hellgraue, unten eine schwarzgraue Masse. Die dunkle Vollgyttja des einstigen Seebodens ist überdeckt von dem feinen anorganischen, hellgrauen Gesteinssediment. Verschiedene Vorgänge tragen zu dieser Ablagerung bei. Im obern See tragen die Bachwasser, welche die Molasse aufgeschlossen haben, die feinen Sandpartikelchen weit über das sublakustrische Delta hinaus seeabwärts. Ich verweise hier auf F. Mühlberg (27), der sich darüber ausspricht: „Die gröbern kieseligen Partikel sind zunächst dem Ausgange der Rinnen und Schluchten, der feinere Schlamm weiter außerhalb im Seegrund abgelagert und beim weitern Wachstum der Schuttkegel wieder von gröberem Material überschüttet worden." Meinen Beobachtungen nach wird allerdings dieses Sediment nicht nur direkt außerhalb der groben Ablagerung niedergesetzt, sondern wird wahrscheinlich auch durch die frühei erwähnten Seeströmungen weiter verteilt.

Eine weitere Trübung des Wassers durch Schlamm verursachen Wind und Wellen in der obern Litoralterrasse. Bei unruhigem See wird oft der Grund bis weit hinaus aufgewühlt, sodaß das Wasser gelb gefärbt wird. Bei der verhältnismäßig geringen Seebreite wirken diese Verunreinigungen wohl beidseitig bis gegen die Seemitte, so daß beinahe über den ganzen Seeboden ein Niederschlag zu erwarten ist, der allerdings als sehr gering eingeschätzt werden muß.

Ganz unbedeutend sind die von Früh (15) mit mechanisch-aeolisch bezeichneten und die chemischen Sedimente.

Die Intensität der Sedimentierung minerogener Bestandteile hat auch einen Gradmesser in der Transparenz des Wassers, indem diese nach unserer Ansicht in erster Linie abhängig ist von der Menge der im Wasser suspendierten trübenden Teilchen. Ein beredtes Zeugnis legt das Alpnacherbecken dafür ab. Unser See läßt sich in dieser Hinsicht in die Nähe des Alpnacher- und Flüelerbeckens einreihen, also zu den Seen mit geringer Transparenz, demnach stärkerer Sedimentierung.

Im Gegensatz zur Sedimentierung minerogener Stoffe steht die Ablagerung organogener Bestandteile. Es kommen aus der von Früh (15) aufgestellten Liste bloß in Betracht die aeolische, plank-

tonische und limnaeische Sedimentation. Während auf der Oberfläche anderer Seen oft ungeheure Mengen von Pollenkörnern windblütiger Holzpflanzen, hauptsächlich von Pinus sylvestris und Picea excelsa beobachtet werden können, die in die Tiefe sinken, konnte ich ähnliche Erscheinungen auf dem Seespiegel des Hallwilersees nie wahrnehmen. So ist auch der Grundschlamm sehr arm an diesem für die Ernährung der Tiefenfauna wichtigen Stoffe. Selten weht der Wind makroskopische Pflanzenbestandteile, Laubblätter etc. auf den See. Der Mangel von größern Wäldern in der Richtung der vorherrschenden Winde erklärt diese Eigentümlichkeit. Beachtenswert dürften höchstens die im Sommer hergetragenen Samen von Löwenzahn sein.

Nach Brutschy ist die Menge des Planktons im Hallwilersee weit geringer als in den meisten bekannten subalpinen Seen. Als Nahrungsmittel für die Tiefenbewohner kommt dieses Sediment also auch nicht bedeutend in Betracht.

Die im Grunde des Litorals wurzelnden Makrophyten bilden im obern Litoral häufig dichte Detritusansammlungen. Da aber die Zuflüsse des Sees meist sehr klein sind, werden diese Pflanzenreste nicht in die Tiefe getragen.

Vollständig vernachlässigen dürfen wir in unserm See die benthonische, hydrocharitische und nereïdische Sedimentation (Früh 15).

d) Verlandung.

Im Hallwilersee kommt nur der engere Verlandungsbegriff in Frage, d. h. nach Früh „das Vordringen der rasenbildenden Bodenvegetation vom Ufer (Verwachsungsgürtel) nach dem Innern.“ An zwei Stellen des Seeufers kann deutliche Verlandung konstatiert werden. Am ausgeprägtesten kann beginnende „Schwingrasenbildung“ am Nordende des Sees vom Moor aus beobachtet werden. Die zweite kleinere Verlandungsstelle liegt am obern Ostufer des Sees in der Nähe des Aescher Deltas. Hier haben wir keine Schwingrasen, sondern vom Ufer aus auf dem seichten Seeboden vordringenden Grasrasen, der sich auf dem angeschwemmten Schilfdetritus langsam entwickelt.

An beiden Orten ist der Verlandungsprozeß im Anfangsstadium und spielt für das Verschwinden des Sees noch keine große Rolle. Er wird erst dann mächtig einsetzen können, wenn die Aufschüttung im obern See ein seichteres Becken geschaffen hat.

e) Die ungünstigen Einflüsse der geologischen Vorgänge auf die Tiefenfauna.

Die oben besprochenen geologischen und topographischen Veränderungen im See greifen selbstverständlich tief in den Entwicklungsgang des organischen Lebens auf dem Seegrund ein. Die größte Verheerung richten die Bachschuttkegel in den von ihnen überdeckten Gebieten an. Alles Leben wird rasch begraben und keine neuen Herde können sich auf diesen unterseeischen Trümmerfeldern bilden. Es fehlt den Tiefenbewohnern hier in erster Linie die große Ruhe anderer Tiefen. Die zerbrechlichen, zarten Formen gehen in der beständigen Bewegung des Wassers und des Geschiebes zugrunde.

Auch die feine minerogene Sedimentierung, die doch unendlich langsam fortschreitet, wenigstens im untern Seeteil, wirkt äußerst verderblich. Direkt sind von ihr allerdings nur die festsitzenden Organismen bedroht. Die geringste Beweglichkeit genügt, um dem Schicksal der Zudeckung zu entrinnen, nicht aber dem eintretenden Nahrungsmangel. Der grauschwarze, reichhaltige Schlamm wird überdeckt von fast rein anorganischem Sediment. Der Schlamm wird bedeutend kalkhaltiger und so an und für sich schon verschiedenen Tiergruppen schädlich (Rhizopoden). Auch die Härte des Wassers nimmt gegen die Tiefe merklich zu. Am 8. September 1916 betrug z. B. die Härte des Oberflächenwassers 13,5, die Härte des Wassers aus 40 m Tiefe 16,5.

Durch die größere Deltabildung und Sedimentierung im obern See wird auch leicht aus der obigen Besprechung der Unterschied in den Faunenbeständen des obern und untern Sees begreiflich.

Die organogene Sedimentierung in der Tiefe ist äußerst gering, wie oben gezeigt wurde. Sie kann die verschwindende organische Nahrung nicht genügend ersetzen. Auch hier zeigt der untere See wieder günstigere Verhältnisse als der obere, indem doch durch Seeströmungen da und dort Detritus auch in der obern Tiefenzone sich anhäuft und eine größere Gesellschaft sonst seltener Seebewohner anlockt (Hydrachniden, Ostracoden, Cyclopiden).

Die Verlandung kann noch wenig Einfluß auf die Tiefenfauna haben, da sie noch zu geringe Dimensionen angenommen hat. Höchstens mögen einige sphagnophile Rhizopoden dadurch in den See geraten sein, die dort ein neues zukünftiges Element bilden als erste leise Andeutung des Ueberganges vom See zum Moor.

Als Nebenerscheinung der Deltabildung und Verlandung treten Buchten auf, die öfters noch Refugien bilden für die Tiefenbevölkerung. Reiche Ablagerung organischer Stoffe, Schutz vor Wind und Strömungen, also Ruhe auf dem Grund sind die charakteristischen Merkmale dieser Orte. Doch ist die Zahl und Größe dieser Lokalitäten zu gering, als daß sie irgendwelche Bedeutung für die Tiefenfauna gewinnen könnten.

Als weiterer schädlicher Faktor für die Fauna könnten die am Nordende des Sees im Moore sich bildenden Humussäuren geltend gemacht werden. Beobachtungen dieser Art liegen keine vor. Die anstoßenden Seegebiete sind im Gegenteil noch dichter bewohnt, als alle übrigen.

4. Vergleichung mit andern subalpinen Seen.

Wie die obige Diskussion ergibt, hält der Hallwilersee in Bezug auf die ersten physikalischen Bedingungen, die für die Ausbildung einer besondern Tiefenfauna gefordert werden, einen Vergleich sehr gut aus. Eigenartige geologische und chemische Vorgänge aber stellen ihn in die Reihe eines besondern Typus. Wir können diese Becken unter dem allgemeinen Namen „verlandende Seen" zusammenfassen, wobei der Begriff „Verlandung" weiter gefaßt werden muß, als wie ihn Früh (15, pag. 19) formuliert: Als „Verlandung" im weitern Sinne oder „Erblindung" (nicht „Vertorfung"!) bezeichnen wir die partielle bis totale allmähliche Ueberführung eines offenen Gewässers in Festland." Zschokke (51) führt aus, daß alle alpinen Randseen dem allmählichen, sichern Untergang entgegengehen. Die meisten aber haben bis jetzt ihren biologischen Tiefseecharakter gewahrt. Nur wenige sind es, bei denen die Auffüllung bereits ihren Einfluß bedeutend geltend gemacht hat auf die Bewohner der Tiefe. Zu diesen gehören in erster Linie der Alpnachersee, vielleicht auch der Brienzersee. Auf die Uebereinstimmung der Fauna mit der des Alpnachersees wurde an vielen Stellen hingewiesen: Es fehlt dem Hallwilersee wie dem Alpnachersee die typische Tiefenfauna. Vergleichen wir die beiden Becken nach ihren hydrographischen Eigenschaften, so ergeben sich sehr wichtige Uebereinstimmungen. In erster Linie fallen uns an beiden Orten beträchtliche Deltabildungen auf. Der Schuttkegel der Sarneraa übersteigt an Masse natürlich weit die Deltas der Aescherbäche; doch da sich letztere quer durch die geringe Breite des Hallwilersees legen, macht sich ihre verheerende

Wirkung auch in den größern Tiefen geltend. Beide Seen grenzen teilweise an Sumpf- und Moorwiesen. Am meisten aber macht sich in beiden Seen der Nahrungsmangel geltend. „Relativ arm an toten Pflanzen und Tieren war der Untergrund des Alpnacherbeckens," sagt Zschokke (51). Zudem deckt starke Sedimentierung minerogenen Ursprungs den eventuell früher vorhandenen dunkeln, nährstoffreichen Schlamm. Auf starke Trübung hin weisen in beiden Seen die Zahlen der Transparenz. Auch hier übertrifft der Alpnachersee den Hallwilersee an geringer Durchsicht. Endlich sei auch auf die chemische Beschaffenheit des Wassers hingewiesen, das an beiden Orten als stark kalkhaltig bezeichnet werden darf. Leider konnte ich zum Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Grundschlammes keine Analysen des Schlammes aus dem Alpnachersee herbeiziehen, da solche meines Wissens bis heute nicht ausgeführt wurden.

Stärkere Sedimentierung, größere Temperaturschwankungen in der Tiefe, die Gegenwart warmer Quellen am Grund und Ufer machen den Alpnachersee noch ärmer an Tiefenorganismen als den Hallwilersee.

Bedeutend reicher ist nach den Untersuchungen v. Hofstens der Brienzersee trotz der gewaltigen Sedimentierung und Trübung. Immerhin weist er bloß 40 Tiefenformen auf gegenüber von 55 in dem eng mit ihm verbundenen Thunersee. Je größere Dimensionen ein See aufweist, um so geringer ist der Einfluß geologischer Vorgänge auf dessen Lebewelt. Besonders mögen große Tiefen (Max. Tiefe des Brienzersees 261 m gegenüber 48 m des Hallwilersees und 33 m des Alpnachersees) konservierend wirken auf die Zusammensetzung der Tiefenvegetation.

SCHLUSSWORT.

Vorliegende Arbeit bringt nichts Neues in Bezug auf die Fauna der Tiefe unserer glacialen Alpenrandseen. Keine neuen Formen können zu den bereits bekannten eingereiht werden. Im Gegenteil, es fehlt die Großzahl der sonst allgemein typischen Tiefenbewohner, der Trümmer postglacialer Einwanderung. So mag der Hallwilersee an die Seite des Alpnacherbeckens gestellt werden. Während aber dort in erster Linie gewaltige geologische Vorgänge, die sich fortwährend abspielen, den leicht ersichtlichen Grund geben für die biologische Armut des Sees, treten diese hier nicht so deutlich auf den ersten Blick hervor. Erst genauere Untersuchungen ergaben den Einblick in das verhältnismäßig rasche Auffüllen des obern Seeteils. Andere Faktoren aber spielen vielleicht in bedeutenderem Maße mit: Nahrungsmangel, chemische Eigenschaften von Wasser und Schlamm, chemische und mechanische Sedimentierung und Strömungen. Sie weisen uns den Weg zu künftigen biologischen Forschungen in Seen mit eigenartiger Zusammensetzung von Fauna und Flora, nämlich zu weitgehenden Untersuchungen der chemischen Bestandteile in Wasser und Schlamm. Bereits liegen bedeutende Arbeiten in diesem Sinne vor; ich verweise auf Ekman (10), A. Thienemann (44) und andere Forscher. Die meisten derselben aber beschäftigen sich mit dem Gasgehalt des Wassers (vergleiche Delebecque, Hoppe-Seyler, von zur Mühlen, Birge und Inday, Brönsted und Wesenberg-Lund, Schickendantz, Freidenfelt u. a.). Diese Untersuchungen genügen nicht für die Erklärung der Zusammensetzung der Tiefenfauna. Hierzu sind vergleichende Schlammanalysen aus verschiedenen Seen und verschiedenen Seeregionen notwendig. Biologe, Geologe, Physiker und Chemiker müssen Hand in Hand arbeiten. Ferner sollten meiner Ansicht nach immer die grundlegenden geologischen, physikalischen und chemischen Arbeiten den faunistischen und floristischen Untersuchungen vorausgehen. Diesen Rat möchte ich den zukünftigen Seenforschern erteilen. Viele unliebsame Ueberraschungen und Enttäuschungen würden erspart und es könnte zum voraus ein definitiveres, weitsichtigeres Programm für den biologischen Teil aufgestellt werden. Ich vermisse in den

meisten kleinern Arbeiten diesen ersten Teil. Planlos werden Temperatur, Transparenz, Wasserfarbe, Schlammbeschaffenheit festgestellt, ohne daß die gefundenen Resultate nachher im biologischen Abschnitt verwertet werden können oder verwertet werden. Auch die vorliegenden Untersuchungen sind in dieser Hinsicht zu unvollständig. Doch muß ich hier Thienemann Recht geben, wenn er sagt, daß solche ausgedehnte Untersuchungen die Kräfte des Einzelnen überschreiten (44).

In rein biologischer Hinsicht hat die Arbeit Brutschys über Flora und Plankton des Sees meine Resultate demnach zu einem abgeschlossenen Ganzen abgerundet. Mögen spätere eingehendere physikalische und chemische Untersuchungen das Werk ergänzen, daß es als fertiges Bild eines untergehenden Glacialsees eingereiht werden darf unter die Monographien unserer großen Schweizerseen.

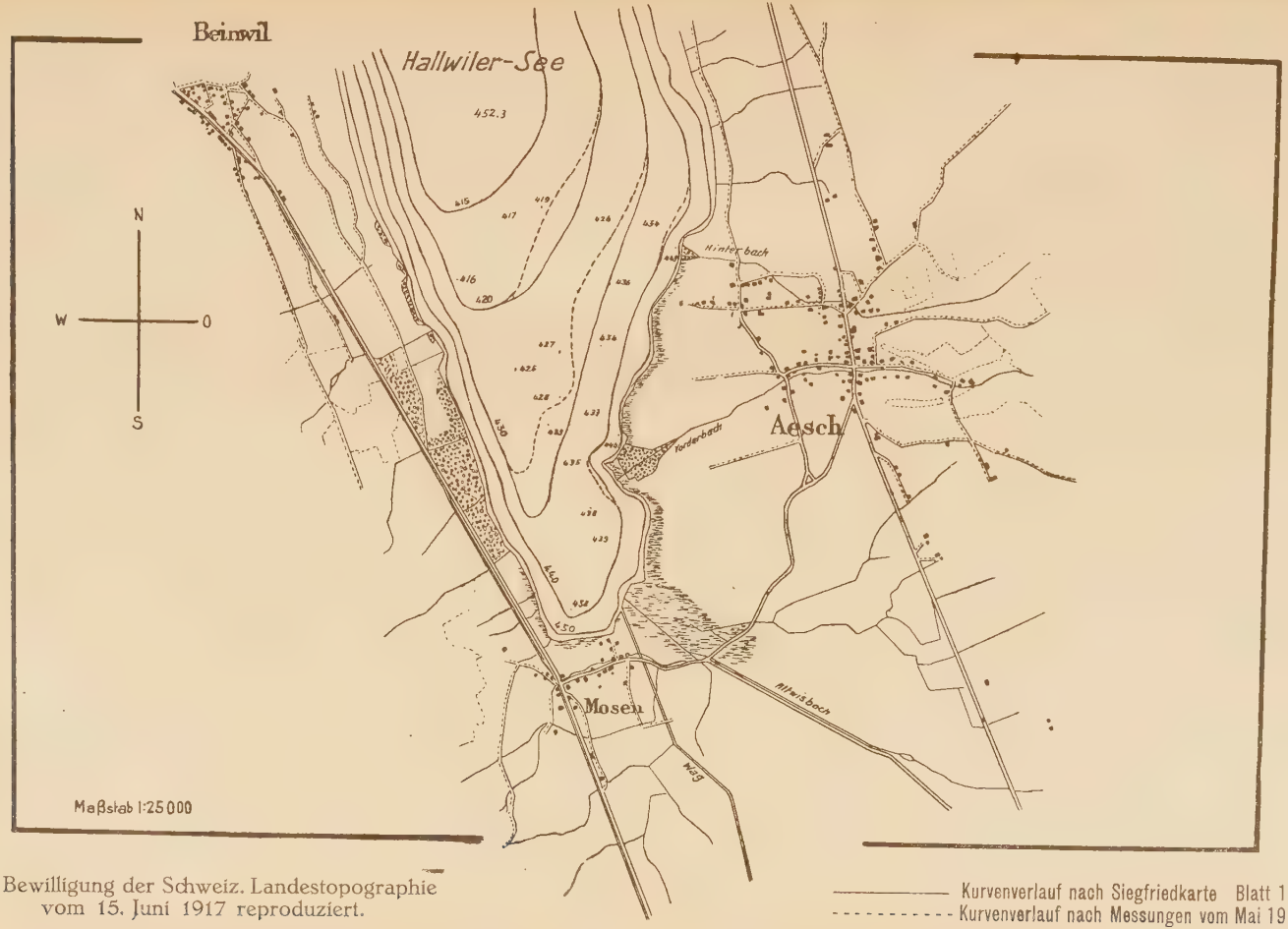
ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE:

1. Der Hallwilersee, ein kleiner alpiner Randsee, erfüllt in physikalischer Beziehung alle Bedingungen für die Entwicklung und Konservierung einer blühenden Tiefenfauna.
2. Als ungünstige Faktoren wirken die chemischen Eigenschaften des Grundschlammes, insbesondere der Mangel an organischen Nährstoffen.
3. Die geologischen Vorgänge, Geschiebeablagerung und Sedimentation minerogener Elemente verheeren alles Leben auf dem Grunde.
4. In Hinsicht auf Nahrung und die oben erwähnten geologischen Erscheinungen ist der untere Seeteil günstiger gestellt als der obere.
5. Die Faunenliste zeigt uns die Ueberreste einer einstmaligen blühenden Tiefseefauna, die jetzt im raschen Aussterben begriffen ist. Die resistenten Gehäuse der Rhizopoden erhalten sich am besten.

   Entsprechend den günstigern Verhältnissen ist der untere Seeteil qualitativ und quantitativ noch reicher bevölkert.
6. Dem geologischen Verschwinden des Glacialsees voraus geht das Aussterben der Tiefenfauna, besonders der Glacialrelikte und deutet so prophetisch den Untergang des Sees an.

NACHWORT.

Durch verschiedene Umstände – Kriegsfolgen – wurde die Drucklegung dieser Arbeit so stark verzögert, daß inzwischen weitere Untersuchungen des Hallwilersees durch Brutschy und mich wirklich noch andere Faktoren für das Verschwinden der Tiefenfauna zutage gefördert haben. In erster Linie sind aus diesen Resultaten hervorzuheben: Mangel an Sauerstoff und Vorkommen von Schwefelwasserstoff in der Seetiefe. Ich verweise auf unser Gutachten über den Fischrückgang im Hallwilersee, das wir 1918 für die h. Finanzdirektion des Kantons Aargau ausarbeiteten.



Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie vom 15. Juni 1917 reproduziert.

——— Kurvenverlauf nach Siegfriedkarte Blatt 172
- - - - - - - - - - Kurvenverlauf nach Messungen vom Mai 1916

HALLWILERSEE (Oberer See)

LITERATUR-VERZEICHNIS.

Es werden hier nur die für vorliegende Arbeit wichtigsten Schriften aufgeführt, auf die Bezug genommen wird.

1. Amberg, B., Limnolog. Untersuchungen des Vierwaldstättersees. Phys. Teil. I. Abt.: Optische und thermische Untersuchungen. Mittlg. d. natf. Ges. Luzern. IV. Heft, 1903.
2. Arnet, X., Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz während der Winter 1890/91 bis 1895/96. Mittlg. d. natf. Ges. Luzern. I. Heft, 1895/96.
3. Arnet, X., Die Durchsichtigkeit des Wassers, die Temperatur der Wasseroberfläche und einzelne Bestimmungen der Farbe des Seewassers im Luzernerbecken des Vierwaldstättersees in den Jahren 1894–1897. Mittlg. d. natf. Ges. Luzern. II. Heft, 1896/97.
4. Baumann, Fr., Beiträge zur Biologie der Stockhornseen. Rev. suisse de Zool. T. 18, 1910.
5. Bornhauser, K., Die Tierwelt der Quellen in der Umgebung Basels. Intern. Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Leipzig 1912.
6. Bretscher, K., Beobachtungen über die Oligochaeten der Schweiz. Rev. suisse de Zool. T. 9–13, 1901–1905.
7. Brutschy, A., Monographische Studien am Zugersee. Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. VIII, 1912.
8. Brutschy, A., Das Plankton des Hallwilersees. Festschrift d. Aarg. natf. Ges. 1911.
9. Duplessis, G., Essai sur la faune profonde des lacs de la Suisse. Mém. Soc. helvét. Sc. nat. Vol. 29, 1885.
10. Ekman, S., Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Leipzig 1915.
11. Fehlmann, W., Die Tiefenfauna des Luganer-Sees. Int. Rev. d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie. Leipzig 1911.
12. Fol, H. et Sarasin, E., Pénétration de la lumière du jour dans les eaux du lac de Genève et dans celles de la méditerranée. Arch. des sc. phys. et nat. Genève 1888.
13. Forel, F. A., Handbuch der Seenkunde. Allgemeine Limnologie. Bibliothek geographischer Handbücher. Stuttgart 1901.
14. Forel, F. A., Le Léman, monographie limnologique. Trois volumes. Lausanne 1892–1904.
15. Früh, J. und Schröter, C., Die Moore der Schweiz. Preisschrift der Stiftung Schnyder von Wartensee. Bern 1904.
16. Güntert, A., Einige Mitteilungen über die Tiefenfauna des Hallwilersees. Festschrift d. aarg. natf. Ges. Aarau 1911.

17. Heinis, Fr., Systematik und Biologie der moosbewohnenden Rhizopoden, Rotatorien und Tardigraden der Umgebung von Basel mit Berücksichtigung der übrigen Schweiz. Arch. f. Hydrobiol. und Planktonkunde. Bd. V. 1910.

18. Hofer, J., Der Hallwilersee. Beilage zum Schlußbericht der Bezirksschule Muri, 1895/96 und 1896 97.

19. v. Hofsten, N., Zur Kenntnis der Tiefenfauna des Brienzer- und des Thunersees. Arch. f. Hydrobiol. und Planktonkunde, Bd. VII. Stuttgart 1911.

20. v. Hofsten, N. und Steinmann, P., Die schweizerische Turbellarienliteratur. Rev. suisse de Zool., 1912.

21. Imhof, O. E., Notiz bezüglich der Verbreitung der Turbellarien in der Tiefseefauna der Süßwasserbecken. Zool. Anzeiger, Bd. VIII. Leipzig 1885.

22. Klausener, C., Jahrescyclus der Fauna eines hochgelegenen Alpensees. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Leipzig 1908.

23. Kleiber, O., Die Tierwelt des Moorgebietes von Jungholz im südlichen Schwarzwald. Ein Beitrag zur Kenntnis der Hochmoorfauna. Arch. f. Naturgeschichte A., 3. Suppl. Berlin 1911.

24. Lampert, K., Das Leben der Binnengewässer. 2. Aufl. Leipzig 1910.

25. Lauterborn, R., Süßwasserfauna. Aus „Handwörterbuch d. Naturwissenschaft," Bd. IX. 1913.

26. Mikoletzky, H., Beiträge zur Kenntnis der Ufer- und Grundfauna einiger Seen Salzburgs sowie des Attersees. Zool. Jahrbücher, 1912.

27. Mühlberg, Fr., Geologisches Gutachten über die mutmaßlichen Folgen einer Tieferlegung des Hallwilersees. Aarau 1908.

28. Mühlberg, Fr., Geologische Karte der Umgebung des Hallwilersees und des obern Winen- und Surtales 1900–1908. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Spez.-Karte No. 54, 1910.

29. Mühlberg, Fr., Erläuterungen zur geologischen Karte. Aarau 1910.

30. Penard, E., Faune rhizopodique du Bassin du Léman. Genève 1902.

31. „ „ Les Héliozoaires d'eau douce. Genève 1904.

32. „ „ Quelques nouveaux Rhizopodes d'eau douce. Arch. f. Protistenkunde, 3. Bd. 1904.

33. „ „ Les Sarcodinés des grands lacs. Genève 1905.

34. „ „ Sarcodinés. Catalogue des invertébrés de la Suisse. Genève 1905.

35. „ „ Recherches sur les Sarcodinés de quelques lacs de la Suisse et de la Savoie. Rev. suisse de Zool. Genève 1908.

36. „ „ Rhizopodes nouveaux. Rev. suisse de Zool. Genève 1910.

37. „ „ On some Rhizopods from Sierra Leone, Journal of the Quekett Mikroscopial Club. London 1911.

38. „ „ Notes sur quelques Sarcodinés. Revue suisse de Zoologie. Genève 1912.

39. Sitzungsbericht der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin. Nomina conservanda. Mai 1915.

40. Steiner, G., Biologische Studien an den Seen der Faulhornkette im Berner-Oberland. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Leipzig 1911.

41. Steiner, H., Das Plankton und die makrophytische Uferflora des Luganersees. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Biol. Suppl. VI. Serie. Leipzig 1913.

42. Thiébaud, M., Contribution à la biologie du lac de Saint-Blaise. Annales de Biologie lacustre. T. III. 1908.

43. Thienemann, A., Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil I. Verhandlungen d. Nathist. Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1913.

44. Thienemann, A., Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel Teil II. Verhandlungen d. Nathist. Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1914.

45. Voigt, M., Die Rotatorien und Gastrotrichen der Umgebung von Plön. Plöner Berichte. T. II. 1904.

46. Weltner, W., Ueber den Tiefenschlamm, das See-Erz und über Kalkstein-aushöhlungen im Nadüsee. Arch. für Naturgeschichte, 1905.

47. Wesenberg-Lund, Die litoralen Tiergesellschaften unserer größeren Seen: a) Die Tiergesellschaften des Brandungsufers. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Bd. I. Leipzig 1908.

48. Wesenberg-Lund, Grundzüge der Biologie und Geographie des Süßwasserplanktons, nebst Bemerkungen über Hauptprobleme zukünftiger limnologischer Forschungen. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Leipzig 1910.

49. Zebrowska, A., Recherches sur les larves de Chironomides du lac Léman, Dissertation. Lausanne 1914.

50. Zschokke, Fr., Beziehungen zwischen der Tiefseefauna subalpiner Seen und der Tierwelt von Kleingewässern des Hochgebirgs. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie. Bd. I. 1908.

51. Zschokke, Fr., Die Tiefenfauna der Seen Mitteleuropas. Eine geographisch-faunistische Studie. Leipzig 1911.

52. Zschokke, Fr., Leben in der Tiefe der subalpinen Seen Ueberreste der eiszeitlichen Mischfauna weiter? Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde. Bd. VIII. 1912/13.

INHALTS-VERZEICHNIS.

A. ALLGEMEINES:

1. Einleitung (S. 3). 2. Historisches (S. 4). 3. Hydrographie (S. 7). a) Lage, Größe und Einzugsgebiet. b) Gliederung von Ufer und Tiefe. c) Ursprung des Sees. d) Geologische und künstliche Veränderungen. e) Licht: I. Transparenz; II. Farbe. f) Wärme. g) Eisverschluß. h) Strömungen. i) Winde. k) Klima. l) Chemische Beschaffenheit des Schlammes. 4. Untersuchungsmethoden (S. 30).

B. SPEZIELLER TEIL:

1. Faunenlisten (S. 33): a) Vertikale Verbreitung. b) Horizontale Verbreitung und quantitatives Vorkommen. c) Fauna des Baldeggersees. 2. Horizontale und vertikale Verteilung der Fauna im See (S. 40). a) Oberer See. b) Unterer See. c) Litoral: I. die Steinzonen; II. die Sandzonen; III. die Phragmiteszonen; IV. die Charazonen. d) Grenze zwischen Ufer- und Tiefenregion. 3. Besprechung der Spezies (S. 44): a) Rhizopoden. b) Heliozoen. c) Bryozoen. d) Coelenteraten. e) Rotatorien. f) Tricladen. g) Hirudineen. h) Oligochaeten. i) Naididen. k) Nematoden. l) Bivalven. m) Gasteropoden. n) Cyclopiden. o) Amphipoden. p) Ostracoden. q) Hydracarinen. r) Chironomiden. s) Trichoptern. t) Neuropterη.

C. DER HALLWILERSEE, ein geologisch und biologisch untergehender See: 1. Die günstigen Faktoren für die Ausbildung einer abyssalen Fauna (S. 67). a) Der Druck. b) Die Temperatur. c) Lichtmangel. d) Ruhe. e) Gutentwickelte Litoralzone. 2. Diskussion der Faunenliste (S. 69): a) Rhizopoden. b) Bryozoen. c) Tricladen. d) Oligochaeten und Naididen. e) Mollusken. f) Cyclopiden und Harpacticiden. g) Amphipoden. h) Ostracoden. l) Hydracarinen. k) Chironomiden. 3. Die Ursachen des geologischen und biologischen Untergangs (S. 72): a) Die geologische Vergangenheit des Sees. b) Gegenwart und Zukunft des Sees. c) Sedimentierung. d) Verlandung. e) Die günstigen Einflüsse der geologischen Vorgänge auf die Tiefenfauna. 4. Vergleichung mit anderen subalpinen Seen (S. 77). Schlußwort (S. 79). Zusammenfassung der Resultate (S. 81). Karte des Hallwilersees [oberer Teil] (S. 82). Literaturverzeichnis (Seite 83).

VITA

Ich, ALFRED GÜNTERT von Mumpf, wurde geboren am 16. März 1885 in Ryburg (Kanton Aargau) als Sohn des Emil Güntert, Lehrer, und der Elise geb. Wunderlin in Ryburg. Ich besuchte die obere Realschule in Basel von 1900—1902 und verließ die Schule 1902 mit dem Zeugnis der Reife. Ich studierte an der Universität Basel vom W.-S. 1902/03 bis W.-S. 1905/06 bei den Herren Professoren Zschokke, Fischer, Senn, Hagenbach-Bischoff, Kinkelin, Riggenbach, Spieß, Hemann, Albrecht Burkhardt und Flatt. Um das Primarlehrer-Examen zu bestehen, besuchte ich neben dem Studium die Fachkurse für Primarlehrer (1902–1904). 1904 erwarb ich mir das Wahlfähigkeitszeugnis als Primarlehrer und 1906 das Diplom als Lehrer für den Unterricht auf der mittlern Schulstufe. Seit 1906 unterrichtete ich als Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften an der Bezirksschule Lenzburg.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Zschokke beschäftigte ich mich während meiner Praxis mit der zoologischen Untersuchung des Hallwilersees, wobei mir auch Herr Privatdozent Dr. P. Steinmann in Aarau die hauptsächlichsten Anleitungen gab. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in vorliegender Arbeit niedergelegt.